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

państwowa służba geologiczna

państwowa służba hydrogeologiczna

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 „BYTÓW”

**Opracował:**
**Zespół pod kierunkiem**
**dr hab. Teresy Podhalańskiej i mgr Joanny Roszkowskiej-Remin**

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

**Warszawa, styczeń 2016 r.**

**Skład zespołu:**

dr hab. Teresa Podhalańska – kierownik zespołu
mgr Joanna Roszkowska-Remin
mgr Teresa Adamczak-Biały
dr Anna Becker
mgr inż. Anna Bliźniuk
mgr inż. Ireneusz Dyrka
dr Anna Feldman-Olszewska
Tadeusz Grudzień
mgr inż. Marcin Janas
mgr inż. Dominika Kafara
dr Jacek Kasiński
mgr inż. Sylwia Kijewska
dr Ewa Klimuszko
dr Maciej Kłonowski
dr Aleksandra Kozłowska
dr Marta Kuberska
mgr Rafał Laskowicz
dr Krzysztof Leszczyński
mgr inż. Mirosław Musiatewicz
prof. dr hab. Tadeusz Peryt
dr Zdzisław Petecki
Monika Piotrowska
inż. Leszek Skowroński
dr Jakub Sokołowski
dr Małgorzata Sikorska-Maykowska
mgr 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
(*Teresa Podhalańska*)

1.2. Położenie administracyjne i geograficzne, dostępność terenu pod roboty geologiczne oraz istniejąca infrastruktura . . . . . 5
(*Małgorzata Sikorska-Maykowska, Anna Bliźniuk, Monika Piotrowska, Dominika Kafara*)

**2. OPIS BUDOWY GEOLOGICZNEJ . . . . . 8**

2.1. Dolny paleozoik . . . . . 8
(*Teresa Podhalańska, Joanna Roszkowska-Remin, Aleksandra Kozłowska, Marta Kuberska, Tadeusz Grudzień, Leszek Skowroński*)
2.1.1. Stratygrafia i litologia utworów dolnego paleozoiku . . . . . 8
2.1.2. Ewolucja geotektoniczna basenu wczesnopaleozoicznego . . . . . 12
2.1.3. Petrografia osadów ordowiku i syluru . . . . . 12

2.2. Stratygrafia i litologia utworów permu, mezozoiku i kenozoiku . . . . . 15
(*Anna Becker, Jacek Kasiński, Krzysztof Leszczyński, Anna Feldman-Olszewska, Tadeusz Peryt, Teresa Podhalańska, Joanna Roszkowska-Remin, Tadeusz Grudzień, Leszek Skowroński*)

2.3. Tektonika . . . . . 18
(*Joanna Roszkowska-Remin*)

2.4. Hydrogeologia . . . . . 18
(*Maciej Kłonowski*)

**3. SYSTEM NAFTOWY . . . . . 19**

3.1. Wstęp . . . . . 19
(*Ireneusz Dyrka, Izabella Grotek, Marcin Janas, Ewa Klimuszko, Tadeusz Peryt, Teresa Podhalańska*)

3.2. Skała macierzysta . . . . . 19
(*Izabella Grotek, Marcin Janas, Ewa Klimuszko*)
3.2.1. Analiza geochemiczna materii organicznej metodą Rock-Eval . . . . . 19
3.2.2. Charakterystyka petrograficzna rozproszonej materii organicznej . . . . . 27
3.2.3. Charakterystyka geochemiczna materii organicznej . . . . . 28

3.3. Skały zbiornikowe . . . . . 32
(*Marcin Janas*)

3.4. Skały nadkładu . . . . . 33
(*Marcin Janas*)

3.5. Skała uszczelniająca . . . . . 33
(*Tadeusz Peryt, Teresa Podhalańska*)

3.6. Wiek i mechanizm generacji, migracji i akumulacji węglowodorów . . . . . 34
(*Ireneusz Dyrka*)

3.7. Parametry ropy i gazu . . . . . 34
(*Ireneusz Dyrka*)

**4. CHARAKTERYSTYKA ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW NA OBSZARZE/W SĄSIEDZTWIE PRODUKUJĄCYCH Z PERSPEKTYWICZNYCH INTERWAŁÓW . . . . . 36**
(*Teresa Podhalańska, Joanna Roszkowska-Remin, Marcin Szuflicki*)

**5. DANE O GŁĘBOKICH OTWORACH WIERTNICZYCH ODWIERCONYCH NA OBSZARZE PRZETARGOWYM: „BYTÓW" IG 1, GAPOWO B-1. . . . . 36**
(*Teresa Adamczak-Biały, Joanna Roszkowska-Remin, Jakub Sokołowski*)

5.1. Nazwa, głębokość, itp. objawy węglowodorów w trakcie wiercenia . . . . . 36

5.2. Testy złożowe (Bytów IG 1) . . . . . 38

5.3. Wyniki geofizyki otworowej (Bytów IG 1) . . . . . 40

**6. DANE O PRACACH SEJSMICZNYCH NA OBSZARZE I W SĄSIEDZTWIE . . . . . 41**
(*Sylwia Kijewska*)

**7. INNE BADANIA ZREALIZOWANE NA OBSZARZE: GRAWIMETRIA, MAGNETYKA, MAGNETOTELLURYKA . . . . . 41**
(*Zdzisław Petecki, Mirosław Musiatewicz*)
7.1. Badania grawimetryczne . . . . . 41
7.2. Badania magnetometryczne . . . . . 41
7.3. Badania magnetotelluryczne . . . . . 45

**8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI GEOLOGICZNEJ . . . . . 47**
(*Rafał Laskowicz, Marcin Janas, Izabella Grotek, Teresa Podhalańska, Joanna Roszkowska-Remin*)
8.1. Ocena perspektywiczności geologicznej wraz z oceną możliwości odkrycia i udokumentowania złóż węglowodorów . . . . . 47
8.2. Minimalny zakres prac dla obszaru przetargowego „Bytów” . . . . . 50

**9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE . . . . . 51**

# 1. WSTĘP

## 1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny dla obszaru przetargowego „Bytów” został przygotowany na zlecenie Departamentu Geologii i Koncesji Geologicznych Ministerstwa Środowiska. Zakres informacji geologicznej, jaka powinna się znaleźć w przedkładanym opracowaniu, został określony w piśmie tegoż Departamentu nr DGK-IV-4773-3/25312/15/TC z dnia 8.07.2015 r. Zgodnie z cytowanym pismem celem poszukiwawczym na obszarze przetargowym „Bytów” są niekonwencjonalne złoża gazu w łupkach dolnego paleozoiku.

Zgodnie z art. 49f ust. 3 Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. z 2015 r., poz. 196 ze zm.) obszary przeznaczone do postępowania przetargowego ustala organ przetargowy we współpracy z państwową służbą geologiczną. Obszar przetargowy „Bytów” został wskazany w oparciu o Raport „Ranking obszarów proponowanych do postępowania przetargowego na udzielenie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węglowodorów” opracowany przez Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy w lipcu 2015 r.

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

Przedłożony Geologiczny Pakiet Informacyjny stanowi integralną część zestawu dokumentów oferty przetargowej i jako taki nie może być udostępniany oddzielnie.

Obszar „Bytów” obejmuje ok. 779,97 km$^2$ i usytuowany jest w województwie pomorskim (Fig. 1.1.). Znajduje się na terenie czterech powiatów: bytowskiego, kartuskiego, kościerskiego i słupskiego. Na obszarze przetargowym znajduje się jeden otwór archiwalny badawczy – Bytów IG 1 oraz jeden otwór poszukiwawczy wywiercony w 2012 r. przez firmę Indiana Investments Sp. z o.o. (BNK Petroleum): Gapowo B-1 (Fig. 1.2.). W najbliższym sąsiedztwie obszaru przetargowego występują jeszcze dwa otwory archiwalne: Lębork IG 1 i Kościerzyna IG 1.

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

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

Obszar przetargowy „Bytów” zlokalizowany jest na terenie województwa pomorskiego. W jego zasięgu znajdują się – w całości lub częściowo – tereny 14 gmin, w tym miasto Kościerzyna. Dzięki walorom krajobrazowym Kościerzyna jest popularnym centrum turystycznym, jak również jednym z ważniejszych centrów gospodarczych i kulturalnych w tej części regionu.

Zgodnie z regionalizacją fizyczno-geograficzną Polski (Kondracki, 2009), omawiany teren położony jest w obrębie 6 różnych mezoregionów, przy dominującym znaczeniu trzech z nich: Wysoczyzny Polanowskiej, Pojezierza Bytowskiego i Pojezierza Kaszubskiego. Wysoczyzna Polanowska wznosi się na wysokość od 120 do 140 m n.p.m. Na wschód i południe od Wysoczyzny Polanowskiej rozciąga się obszar Pojezierza Kaszubskiego i Pojezierza Bytowskiego. Obejmują one obszary wzniesień o wysokościach przekraczających 200 m n.p.m. Na omawianym obszarze rzeźba terenu jest bardzo urozmaicona. Deniwelacje sięgają około 125 m. Najwyższe wzniesienie (230,9 m n.p.m.) znajduje się w północnej części obszaru w pobliżu wioski Kistowo. Najniżej położone (105,4 m n.p.m.) jest koryto rzeki Słupi w okolicach jeziora Lipieniec.

Układ komunikacyjny opisywanego obszaru, poza koleją, zapewnia droga krajowa DK-20, która łączy Pomorze Zachodnie z Pomorzem Gdańskim i dalej pośrednio z Warmią i Mazurami. Na odcinku Kościerzyna–Nakla droga ta znajduje się w granicach omawianego obszaru. Poza nią sieć komunikacyjną tworzą drogi skategoryzowane jako gminne, powiatowe i wojewódzkie. W grupie tych ostatnich znajdują się: DW nr 214 łącząca Łebę z Warlubiem (na terenie obszaru przetargowego biegnie południkowo i łączy Kościerzynę z Stężycą), DW nr 228 łącząca Kartuzy z Bytowem (na omawianym terenie przebiega przez miejscowości Sulęczyno i Parchowo), Dw nr 235 łącząca Korne z Chojnicami (na terenie obszaru przebiega przez:Wyrówno, Lipówska Huta).

Na terenie obszaru „Bytów”, w rozwidleniu dróg: krajowej DK nr 20 i wojewódzkiej DW nr 235 jest położone prywatne lotnisko – EPKO Lądowisko Korne. We wschodniej części omawianego terenu, niedaleko Kościerzyny, w wiosce Łubiana są zlokalizowane Zakłady Porcelany Stołowej „LUBIANA” S.A.

Przez centralną część obszaru horyzontalnie przebiega linia elektroenergetyczna najwyższych napięć (220 kV). Zgodnie z informacjami PSE S.A. w przyszłości równolegle do tej linii ma przebiegać znajdująca się aktualnie w budowie linia 400 kV oraz planowana w perspektywie 2020 r. linia projektowana na 400 kV a pracująca na napięciu 220 kV (Plan sieci elektroenergetycznej najwyższych napięć (PSE S.A.). Innym elementem infrastruktury zidentyfikowanym w granicach opisywanego terenu jest nitka gazociągu wysokiego ciśnienia DN 200 relacji Łubiana–Bytów o ciśnieniu nominalnym Pn 6,3 MPa (informacje za: *PLAN ODNOWY MIEJSCOWOŚCI LIPUSZ NA LATA 2009-2016, czerwiec 2009*), która biegnie z Bytowa przez Lipusz i w rejonie wsi Rotembark opuszcza obszar przetargowy.

Ważnym elementem hydrograficznym na obszarze „Bytów” są liczne jeziora, różnej wielkości i objętości retencjonowanej wody. Jeziora zajmują znaczną powierzchnię. Największe są jeziora rynnowe: Jasień (577 ha), Mausz (384 ha), charakteryzujące się urozmaiconą linią brzegową i znaczną głębokością, odpowiednio 32,2 i 35 m. W południowo-wschodniej części omawianego terenu dominują jeziora przepływowe m.in. Gołuń (239 ha), Radolne (105 ha), Słupinko (61 ha). Na terenie sieć hydrograficzną tworzą również cieki: rzeki, potoki i kanały, w tym m.in. Wda, Trzeblocha, Rakownica, Graniczna, Pilica, Dłużnica, Kania. Nisko położone tereny bagienne i podmokłe zlokalizowane są w sąsiedztwie dolin rzecznych i rynien jeziornych.

Na obszarze przetargowym zinwentaryzowano 33 ujęcia wód podziemnych. Dla ujęcia eksploatowanego w południowo-wschodniej części Bytowa została wyznaczona strefa ochrony pośredniej. Północno-zachodnia część omawianego obszaru znajduje się w zasięgu głównego zbiornika wód podziemnych nr 117 (Zbiornik międzymorenowy Bytów). Jest to czwartorzędowy zbiornik o charakterze porowym związany z osadami piaszczysto-żwirowymi zalegającymi w dolinie Słupi oraz pomiędzy poziomami glin zwałowych.

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

**Figura 1.2**. Mapa lokalizacyjna obszaru przetargowego „Bytów”.

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

SKALA 1 : 1 000 000

0 50 km

Układ współrzędnych PL-1992

GRANICE złóż:
ropy naftowej gazu ziemnego azotowego gazu ziemnego
złoża eksploatowane
złoża nieeksploatowane
podziemne magazyny gazu (PMG)

**Magazyny**

| L.P. | Nr koncesji | Nazwa | Koncesjobiorca |
|---|---|---|---|
| 1 | 176/94 | Mogilno II | PGNiG S.A. |
| 2 | 33/99/m | Góra | Inowrocławskie Kopalnie Soli S.A. w Inowrocławiu |
| 3 | 10/2010/m | Strachocina | PGNiG S.A. |
| 4 | 9/2011/m | Husów E | PGNiG S.A. |
| 5 | 13/2008/m | Bonikowo | PGNiG S.A. |
| 6 | 4/2012/m | Brzeźnica | PGNiG S.A. |
| 7 | 9/2008/m | Daszewo | PGNiG S.A. |
| 8 | 19/2001/m | Kosakowo | PGNiG S.A. |
| 9 | 190/94 | Swarzów | PGNiG S.A. |
| 10 | 11/95 | Wierzchowice | PGNiG S.A. |
| 11 | 2/2012/m | Henrykowice - E | Zakład Projektowania i Usług Technicznych "ATM Brzozowscy Spółka Jawna |

**Składowiska**

| L.P. | Nr koncesji | Nazwa | Koncesjobiorca |
|---|---|---|---|
| 1 | 12/2003/s | Borzęcin | PGNiG S.A. |
| 2 | 23/99/s | Husów - Albinowa Krasne | PGNiG S.A. |
| 3 | 3/2002/s | Świdnik | PGNiG S.A. |

MINISTERSTWO ŚRODOWISKA

**Koncesje eksploatacyjne:**
- Ropne koncesje eksploatacyjne PGNiG S.A.
- Gazowe koncesje eksploatacyjne PGNiG S.A.
- LOTOS Petrobaltic S.A.
- Zakład Odmetanowania Kopalń Sp. z o.o.
- Baltic Gas Sp. z o. o. i wspólnicy Sp. komandytowa
- B6 Sp. z o.o. Baltic S.k.a.
- TRIAS Sp. z o. o.

**Koncesje poszukiwawcze:**
- PGNiG S.A.
- Grupa LOTOS Petrobaltic S.A.
- BNK Poland Holdings B.V.
- Blue Gas N'R'G Sp. z o.o.
- San Leon Energy Plc
- DISCOVERY POLSKA LLC
- PKN Orlen S.A.
- Stena Investment S.A.R.L.
- Palomar Capitol Advisors Limited - San Leon Energy B.V.
- Cuadrilla Resources Limited
- FX Energy
- GAS PLUS International B.V.
- PPI Chrobok S.A.
- TRIAS Sp. z o.o.

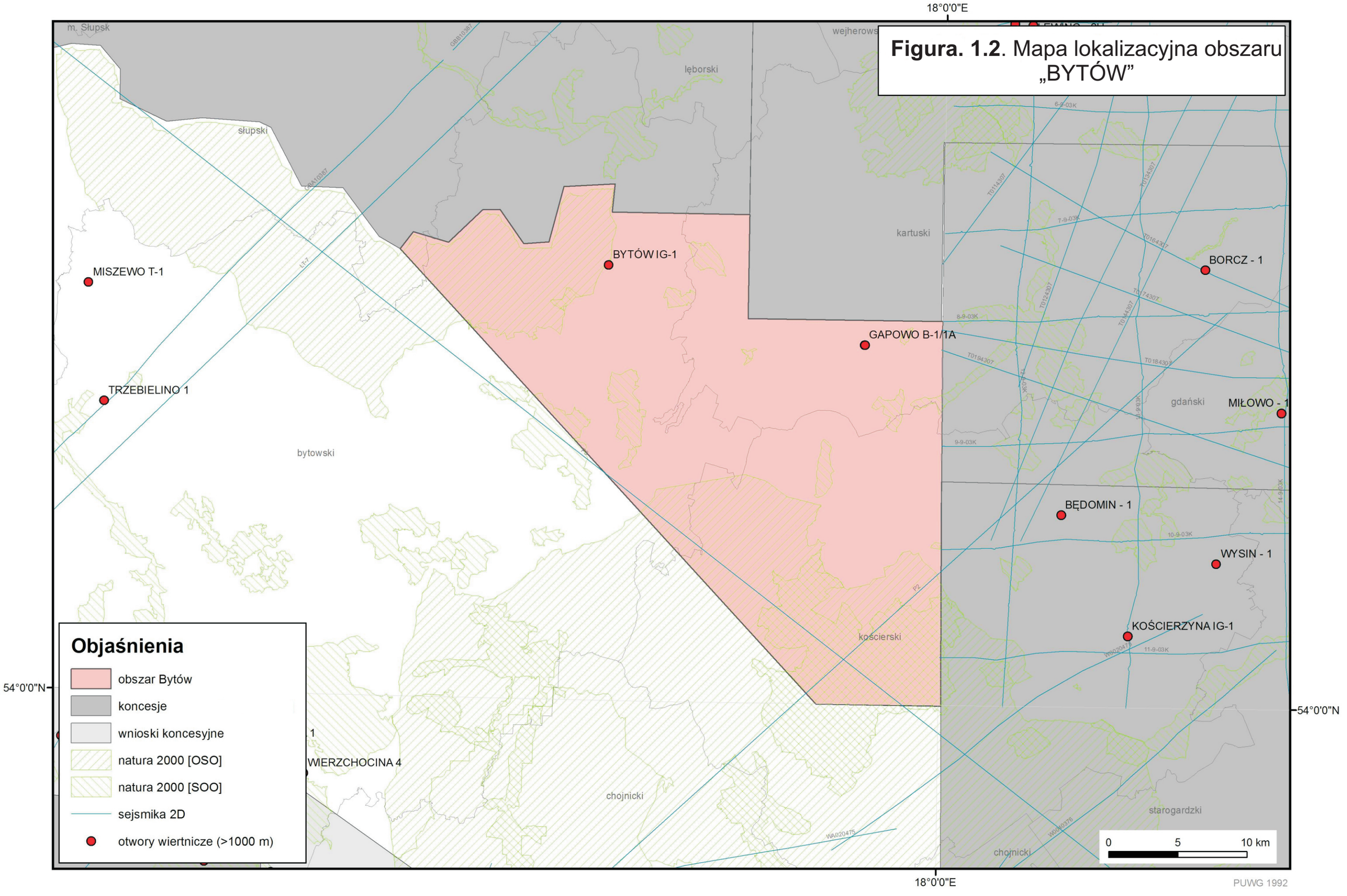
- Koncesje na poszukiwanie i wydobywanie metanu z pokładów węgla kamiennego
- Złożone wnioski koncesyjne
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 16 ustawy Prawo geologiczne i górnicze
- Wnioski koncesyjne złożone zgodnie z art. 47 ustawy Prawo geologiczne i górnicze

Opracowali: R. Bonda D. Siekiera M.Scafficki

© Copyright by PGI (2015)

WARSZAWA - 31-12-2015

**Figura. 1.2**. Mapa lokalizacyjna obszaru „BYTÓW”



Teren obszaru przetargowego ma charakter leśno-rolniczy. Lasy zajmują znaczną powierzchnię. Występują w postaci wielkich skupisk leśnych. Część charakteryzowanego obszaru objęta jest powierzchniowymi formami ochrony ustanowionymi na mocy przepisów ustawy z dnia 16 kwietnia 2004 r. *o ochronie przyrody* (Dz.U. z 2013 r., poz. 627 z późn. zm.). Wśród obszarowych form chronionych występuje m.in. 9 rezerwatów, które zajmują znikome powierzchnie w stosunku do całkowitej powierzchni opisywanego obszaru. Większe tereny charakteryzowanej jednostki włączone są w struktury obszarów chronionego krajobrazu, są to: Gowidliński OChK (10%), Lipuski OChK (10%). Na terenie obszaru „Bytów" znajdują się 3 parki krajobrazowe: Kaszubski Park Krajobrazowy (3%); Park Krajobrazowy Dolina Słupi (11%), Wdzydzki Park Krajobrazowy (10%).

W ramach obszarów sieci Natura 2000 znajdują się tam: Jeziora Lobeliowe koło Soszycy (<1%); Jeziorka Chojnickie (<1%); Mechowiska Sulęczyńskie (<1%); Bytowskie Jeziora Lobeliowe (<1%); Dolina Stropnej (1%); Leniec nad Wierzycą (<1%); Rynna Dłużnicy (<1%); Uroczyska Pojezierza Kaszubskiego (<1%); Jeziora Wdzydzkie (11%); Jeziora Kistowskie (<1); Dolina Słupi (2%); Jezioro Księże w Lipuszu (<1%), Dolina Słupi (11%); Bory Tucholskie (25%). W sumie obszary Natura 2000 zajmują około 50% powierzchni obszaru przetargowego.

Z informacji zawartych w bazie MIDAS wynika, że na obszarze Bytowia znajdują się udokumentowane złoża kopalin; są to kruszywa naturalne i kreda jeziorna. W granicach charakteryzowanego terenu zlokalizowane są także obszary prognostyczne wystąpień następujących kopalin: piaski, piaski i żwiry, kreda jeziorna i gytia, torfy.

Informacje środowiskowe o obszarze przetargowym „Bytów" zostały podsumowane na karcie uwarunkowań środowiskowych (Fig. 1.3.) oraz na mapie ograniczeń środowiskowych obszaru przetargowego „Bytów" (Fig. 1.4.) wraz z objaśnieniami (Fig. 1.5.)

| **KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO BYTÓW** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **1.** | **LOKALIZACJA OBSZARU PRZETARGOWEGO NA MAPIE** | nazwa i numer arkusza mapy w skali 1:50 000 | Bytów 50; Pomysk Wielki 51; Stężyca 52; Studzienice 87; Kościerzyna 88 | |
| **2.** | **POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE** | **województwo** | **pomorskie (100%)** | |
| | | **powiat** | **słupski (0,46%)** | |
| | | g mina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego | Dębnica Kaszubska (0,46%) | |
| | | **powiat** | **bytowski (38,51%)** | |
| | | gmina | Czarna Dąbrówka (13,34%), Bytów (5,61%) Parchowo (16,81%), Studzienice (2,75%) | |
| | | **powiat** | **kościerski (39,71%)** | |
| | | gmina | Dziemiany (3,44%), Libusz (10,37%), Kościerzyna (24,33%), m. Kościerzyna (1,54%), Stara Kiszewa (0,03%) | |
| | | **powiat** | **kartuski (21,32%)** | |
| | | gmina | Stężyca (7,73%), Sulęczyno (12,21%), Sierakowice (1,37%), Chmielno (0,01%) | |
| **3.** | **REGIONALIZACJA FIZYCZNO – GEOGRAFICZNA (wg KONDRACKIEGO, 2009)** | makroregion | Pojezierze Zachodniopomorskie (314.4) | |
| | | mezoregion | Wysoczyzna Polanowska (314.46), Pojezierze Bytowskie (314.47) | |
| | | makroregion | Pojezierze Wschodniopolskie (314.5) | |
| | | mezoregion | Pojezierze Kaszubskie (314.51), Pojezierze Starogardzkie (314.52) | |
| | | makroregion | Pojezierze Południowopolskie (314.6–7) | |
| | | mezoregion | Równina Charzykowska (314.67), Bory Tucholskie (314.71) | |
| **4.** | **WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU PRZETARGOWEGO** | układ PL-1992 [Y; X] | 420880,04 | 717727,83 |
| | | | 420752,34 | 710216,13 |
| | | | 434842,34 | 709994,91 |
| | | | 434721,12 | 698409,34 |
| | | | 434676,55 | 682184,52 |
| | | | 425652,51 | 682361,03 |
| | | | 395605,44 | 715272,85 |
| | | | 396555,86 | 716494,07 |
| | | | 399111,56 | 715724,31 |
| | | | 401575,96 | 718080,13 |
| | | | 402821,01 | 718106,13 |
| | | | 404551,17 | 715616,01 |
| | | | 406358,87 | 715760,23 |
| | | | 407446,85 | 719743,15 |
| | | | 411157,16 | 719941,33 |
| | | | 410935,09 | 717910,17 |
| **5.** | **POWIERZCHNIA OBSZARU PRZETARGOWEGO** | [$km^2$] | 779,97 | |
| **6.** | **CEL KONCESJI** | | Poszukiwanie niekonwencjonalnych złóż gazu w łupkach | |
| **7.** | **WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ** | | ordowik, sylur | |

| KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO BYTÓW | | | |
|---|---|---|---|
| 8. | **PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:** | [tak/ nie]<br><br>jeśli „tak” to: nazwa obszaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego | |
| | parki narodowe | | nie |
| | rezerwaty | | Czapliniec w Wierzysku (<1%); Strzelnica (<1%); Gołębia Góra (<1%); Mechowiska Czaple (<1%); Skotawskie Łąki (<1%); Gniazda orła bielika (<1%); Jeziora Małe i Duże Sitno (<1%); Jezioro Głęboczko (<1%); Jeziorka Chośnickie (<1%) |
| | parki krajobrazowe | | Kaszubski Park Krajobrazowy (3%); Wdzydzki Park Krajobrazowy (10%); Park Krajobrazowy Dolina Słupi (11%) |
| | obszary chronionego krajobrazu | | Gowidliński (10%); Lipuski (10%) |
| | Natura 2000 - SOO | | Jeziora Lobeliowe koło Soszycy (<1%); Jeziorka Chojnickie (<1%); Mechowiska Sulęczyńskie (<1%); Bytowskie Jeziora Lobeliowe (<1%); Dolina Stropnej (1%); Leniec nad Wierzycą (<1%); Rynna Dłużnicy (<1%); Uroczyska Pojezierza Kaszubskiego (<1%); Jeziora Wdzydzkie (11%); Jeziora Kistowskie (<1); Dolina Słupi (2%); Jezioro Księże w Lipuszu (<1%) |
| | Natura 2000 - OSO | | Dolina Słupi (11%); Bory Tucholskie (25%); |
| | zespoły przyrodniczo - krajobrazowe | | nie |
| **9.** | **GLEBY CHRONIONE** | [tak/ nie] | tak |
| **10.** | **KOMPLEKSY LEŚNE** | [tak/ nie] | tak |
| **11.** | **GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH** | [tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie] | 117 – Zbiornik międzymorenowy Bytów $Q_{DM}$ |
| **12.** | **STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY** | [tak/ nie] | tak |
| **13.** | **STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ** | [tak/ nie] | nie |
| **14.** | **TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI** | [tak/ nie] | nie |
| **15.** | **UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN** | [tak/ nie] | tak (kruszywa naturalne, kreda jeziorna) |
| **16.** | **OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN** | [tak/ nie] | tak (piaski i żwiry, piaski, kreda jeziorna i gytia, torfy) |
| **17.** | **SIECI PRZESYŁOWE GAZU** | [tak/ nie] | tak |
| **18.** | **PODZIEMNE MAGAZYNY GAZU** | [tak/ nie] | nie |
| **19.** | **DATA WYPEŁNIENIA KARTY** | 25.09.2015 r. | |
| **20.** | **ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH** | Anna Bliźniuk, Dominika Kafara | |

**Figura 1.3**. Karta uwarunkowań środowiskowych dla obszaru przetargowego „Bytów”.

**Figura 1.4**. Mapa ograniczeń środowiskowych obszaru „Bytów”.

**Figura 1.5**. Objaśnienia do mapy ograniczeń środowiskowych obszaru przetargowego „Bytów”.

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

PSG
PAŃSTWOWA SŁUŻBA GEOLOGICZNA

MINISTERSTWO
ŚRODOWISKA

# OBSZAR PRZETARGOWY "BYTÓW"
# OGRANICZENIA ŚRODOWISKOWE

skala1:100 000

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


*Opracowała:* Małgorzata Sikorska-Maykowska

*Zestawienie danych*
*i redakcja komputerowa:* *Monika Piotrowska*


54°20'
54°10'
54°00'
17°30'
17°45'
18°00'

# OBJAŚNIENIA DO MAPY OGRANICZEŃ ŚRODOWISKOWYCH OBSZARU PRZETARGOWEGO "BYTÓW"

*(opracowano na podstawie bazy MGśP z zasobów PIG-PIB)*

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

## ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA

- żwiry
- piaski i żwiry
- piaski
- piaski kwarcowe
- torfy
- 7351 — identyfikator złoża z bazy MIDAS
- granica złoża o zasobach udokumentowanych w kategoriach A+B+$C_1$ i C
- granica złoża o zasobach udokumenotwanych w kategorii $C_2$
- granica obszaru prognostycznego
- granica obszaru perspektywicznego
- złoże o powierzchni ⩽ 5 ha
- obszar prognostyczny nie dający się odwzorować w skali mapy

## GÓRNICTWO I PRZETWÓRSTWO KOPALIN

- granica obszaru górniczego
- granica terenu górniczego
- obszar i teren górniczy złoża o powierzchni ⩽ 5 ha
- wyrobisko (zarys)
- pż — punkt występowania kopaliny bez karty informacyjnej punktu
- kr — zakład pierwotnej przeróbki kopalin (kr - kruszywo)

Symbol kopaliny:
kj - kreda jeziorna i gytia
i(ic) - iły ceramiki budowlanej
g(gc) - gliny ceramiki budowlanej
g(gr) - gliny o różnym zastosowaniu
gł - głazy i głazowiska
ż - żwiry
pż - piaski i żwiry
p - piaski
pk - piaski kwarcowe
t - torfy

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

## WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

Granice działu wodnego:

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

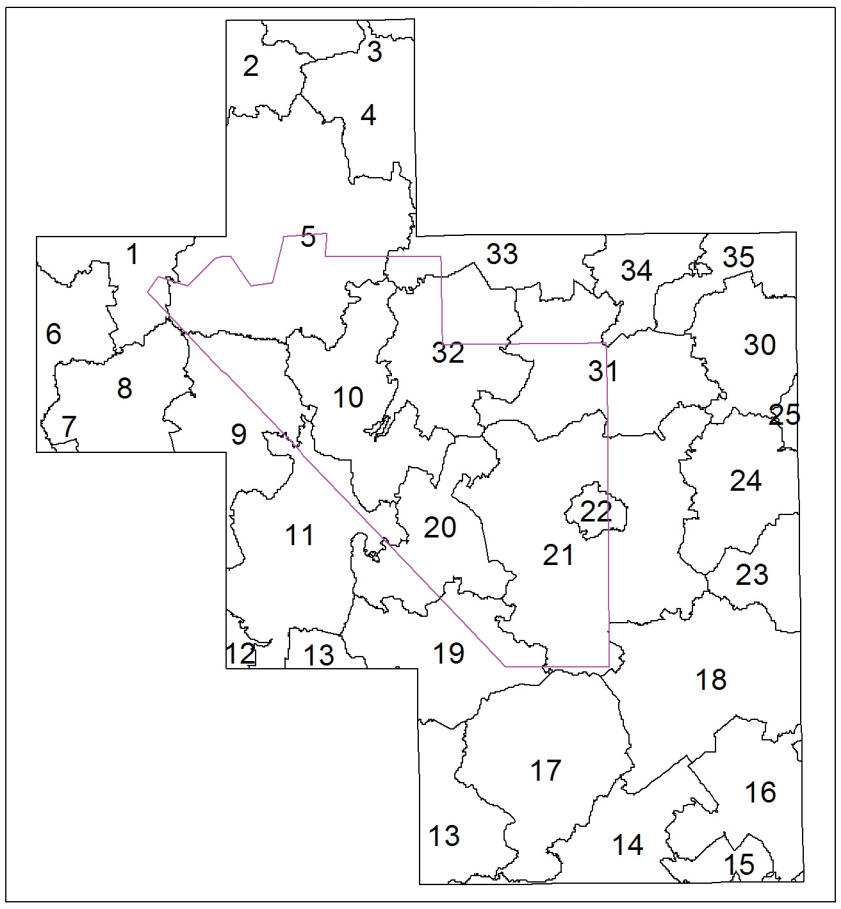
## OCHRONA PRZYRODY I KRAJOBRAZU

- grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych)
- łąki na glebach pochodzenia organicznego
- lasy
- zieleń urządzona
- granica strefy ochronnej (otuliny) parku krajobrazowego
- granica parku krajobrazowego (PK)
- granica obszaru chronionego krajobrazu
- granica obszaru Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000; kod obszaru
- granica zespołu przyrodniczo-krajobrazowego
- L — granica rezerwatu przyrody lub obszaru ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego (Fn - faunistyczny, K - krajobrazowy, L - leśny, T - torfowiskowy, W - wodny))
- (T) — granica projektowanego rezerwatu przyrody lub obszaru ochrony ścisłej (os) w obrębie parku narodowego
- głaz narzutowy o średnicy 1,5 m (nie zakwalifikowany jako pomnik przyrody)
- obszary predysponowane do występowania ruchów masowych

## INFORMACJE DODATKOWE

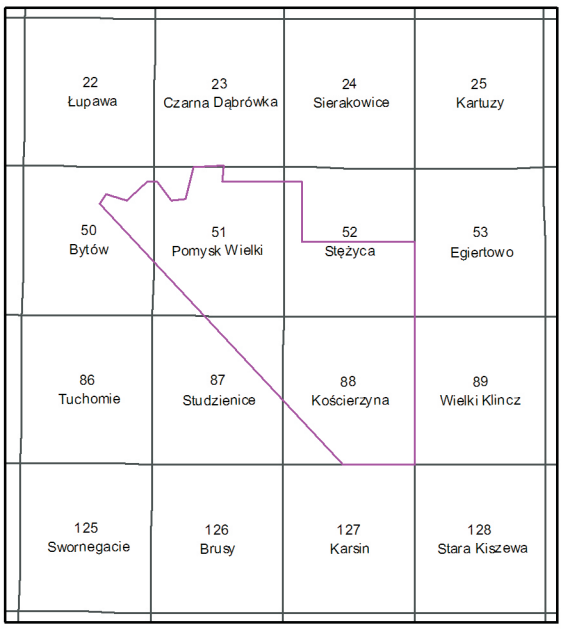
- granica powiatu
- granica gminy, miasta
- BYTÓW — siedziba urzędu gminy, miasta
- granica obszaru przetargowego
- sieć gazociągów
- sieć energetyczna

*Położenie obszaru przetargowego na tle podziału administracyjnego*




*woj. POMORSKIE*
*powiat słupski*
*1 - gm. Dębnica Kaszubska*
*2 - gm. Potęgowo*
*powiat lęborski*
*3 - gm. Nowa Wieś Lęborska*
*4 - gm. Cewice*
*powiat bytowski*
*5 - gm. Czarna Dąbrówka*
*6 - gm. Kołczygłowy*
*7 - gm. Tuchomie*
*8 - gm. Borzytuchom*
*9 - gm. Bytów*
*10 - gm. Parchowo*
*11 - gm. Studzienice*
*12 - gm. Lipnica*
*powiat chojnicki*
*13 - gm. Brusy*
*14 - gm. Czersk*
*powiat starogardzki*
*15 - gm. Czarna Woda*
*16 - gm. Kaliska*
*powiat kościerski*
*17 - gm. Karsin*
*18 - gm. Stara Kiszewa*
*19 - gm. Dziemiany*
*20 - gm. Lipusz*
*21 - gm. Kościerzyna*
*22 - m. Kościerzyna*
*23 - gm. Liniewo*
*24 - gm. Nowa Karczma*
*powiat gdański*
*25 - gm. Przywidz*
*powiat kartuski*
*30 - gm. Somonino*
*31 - gm. Stężyca*
*32 - gm. Sulęczyno*
*33 - gm. Sierakowice*
*34 - gm. Chmielno*
*35 - gm. Kartuzy*

*Położenie obszaru przetargowego na arkuszach 1 : 50 000*



# 2. OPIS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

## 2.1. DOLNY PALEOZOIK

### 2.1.1. STRATYGRAFIA I LITOLOGIA UTWORÓW DOLNEGO PALEOZOIKU

Obszar „Bytów" położony jest na platformie wschodnioeuropejskiej, na obszarze wyniesienia Łeby, w obrębie jednostki geologicznej zwanej obniżeniem bałtyckim. Podłoże krystaliczne platformy wschodnioeuropejskiej znajduje się tu na głębokości około 5000 m. Pokrywę osadową tworzą, leżące płasko lub lekko zapadające ku SW kompleksy skalne od ediakaru po czwartorzęd (Fig. 2.1. i 2.2.). W obrębie wyróżnionych kompleksów stratygraficznych występują liczne przerwy sedymentacyjne i erozyjne o różnym zasięgu. W kierunku zachodnim utwory proterozoiku i dolnego paleozoiku basenu bałtycko-podlasko-lubelskiego kontaktują wzdłuż uskoków strefy tektonicznej Teisseyre'a-Tornquista (TTZ) ze zdeformowanymi tektonicznie osadami tzw. strefy szwu transeuropejskiego (TESZ) i platformy paleozoicznej.

Skały pokrywy osadowej w zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej rozpoczynają utwory ediakaru i zalegają na utworach krystalicznych proterozoiku, którego strop obniża się ku zachodowi i południowemu zachodowi. W rejonie przetargowym „Bytów", podobnie jak w innych obszarach zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej znajduje się on na głębokości około 5 tysięcy metrów. W otworze Bytów IG 1, podobnie jak w Lębork IG 1, nie nawiercono skał podłoża krystalicznego. W otworze Kościerzyna IG 1, położonym niedaleko od granic obszaru przetargowego „Bytów" mezoproterozoik nawiercono na głębokości 5143,8–5202,0 m. Na podobnej głębokości 5078,0 m (wg pomiarów geofizycznych) proterozoik nawiercono w otworze Słupsk IG 1, położonym na północny wschód od Bytowa IG 1.

#### Kambr najniższy–ediakar

W jedynym, głębokim, archiwalnym na obszarze przetargowym „Bytów" otworze Bytów IG 1 nie nawiercono utworów kambru, podobnie jak w pobliskim wierceniu Lębork IG 1. Najstarsze utwory pokrywy osadowej ediakaru–najniższego kambru nawiercono w otworze Kościerzyna IG 1 na głębokości 5030,5–5143,8 m. Są to utwory formacji żarnowieckiej (Fig. 2.3.; smołdzińskiej) o charakterze lądowym – szare i szaroróżowe piaskowce (waki kwarcowe i arkozowe) oraz zlepieńce. Ekwiwalentem formacji żarnowieckiej są prawdopodobnie piaskowce Nexø na Bornholmie. Na obszarze przetargowym Bytowa jej miąższość wynosi około 100 m (Jaworowski & Sikorska, 2010).

#### KAMBR

#### Kambr dolny

Kambr dolny (w nowym podziale chronostratygraficznym kambr dolny odpowiada terenowi oraz oddziałowi 2) wykształcony jest na obszarze zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej, w tym na obszarze przetargowym „Bytów" jako drobnoziarniste piaskowce i mułowce oraz heterolity piaskowcowo-mułowcowe. Piaskowce zawierają glaukonit. Są to w dolnej części utwory lądowo-morskie dolnej części formacji klukowskiej przechodzące ku górze w typowo morskie wyższej części tej formacji oraz formacji łebskiej z fauną trylobitów. Piaskowce powstały w strefie pływów, mułowce i heterolity w strefie przejściowej między strefą pływów a strefą mułów szelfu (Jaworowski, 2000). Miąższość utworów dolnego kambru w tym rejonie wzrasta z NE ku SW i wynosi w otworze Kościerzyna IG 1 282,5 m.

#### Kambr środkowy

Odpowiada w przybliżeniu oddziałowi 3 w aktualnym podziale chronostratygraficznym kambru. W typowo morskich utworach kambru środkowego zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej wydzielono formację sarbską, formację dębkowską oraz formację białogórską (Bednarczyk & Turnau-Morawska, 1975; Jaworowski, 1998).

Formacja sarbska jest reprezentowana przez czarne iłowce, ciemnoszare mułowce i heterolity mułowcowo-piaskowcowe. Są to osady szelfu z krótkimi epizodami sztormowymi. Formacja dębkowska odpowiada dolnej części środkowego kambru – poziomowi *Paradoxides paradoxissimus*. Formację tę tworzą płytkowodne jasnoszare, drobno i średnioziarniste piaskowce kwarcowe z nielicznymi wkładkami heterolitów piaskowcowo-pyłowcowych (Jaworowski, 1998).

W otworze Kościerzyna IG 1 nie stwierdzono utworów najwyższej części kambru środkowego odpowiadającego poziomowi *Paradoxides forchammeri* i formacji białogórskiej. Formacja ta reprezentuje utwory o charakterze transgresywnym. Można więc przyjąć, że i na obszarze przetargowym „Bytów", występuje przerwa stratygraficzna obejmująca najwyższą część kambru środkowego odpowiadającego poziomowi *Paradoxides forchammeri* i formacji białogórskiej, występującej tylko lokalnie (Jaworowski, 2000). Miąższość kambru środkowego w obszarze Bytowa może wynosić około 200–300 m; poza terenem, w profilu Kościerzyna IG 1 wynosi 322,9 m (Fig. 2.4.). W otworze Gapowo B-1 najstarszymi nieprzewierconymi utworami są iłowce i mułowce formacji sarbskiej należące do kambru środkowego, stwierdzone na głębokości 4262,0–4303,0 m* (miąższość 41,0 m).

#### Kambr górny (furong)

Sedymentacja górnego kambru oraz dolnego ordowiku miała charakter ciągły i wyrażała się akumulacją czarnych łupków bitumicznych formacji z Piaśnicy. Ich odpowiednikiem są „łupki dictyonemowe" Skanii, Bornholmu i wyspy Öland. Współczesny zasięg tej formacji w Polsce jest bardzo ograniczony powierzchniowo i miąższościowo ze względu na erozję przedarenidzką. Utwory te na opisywanym obszarze, charakteryzują się bardzo małymi miąższościami nie przekraczającymi kilku metrów.

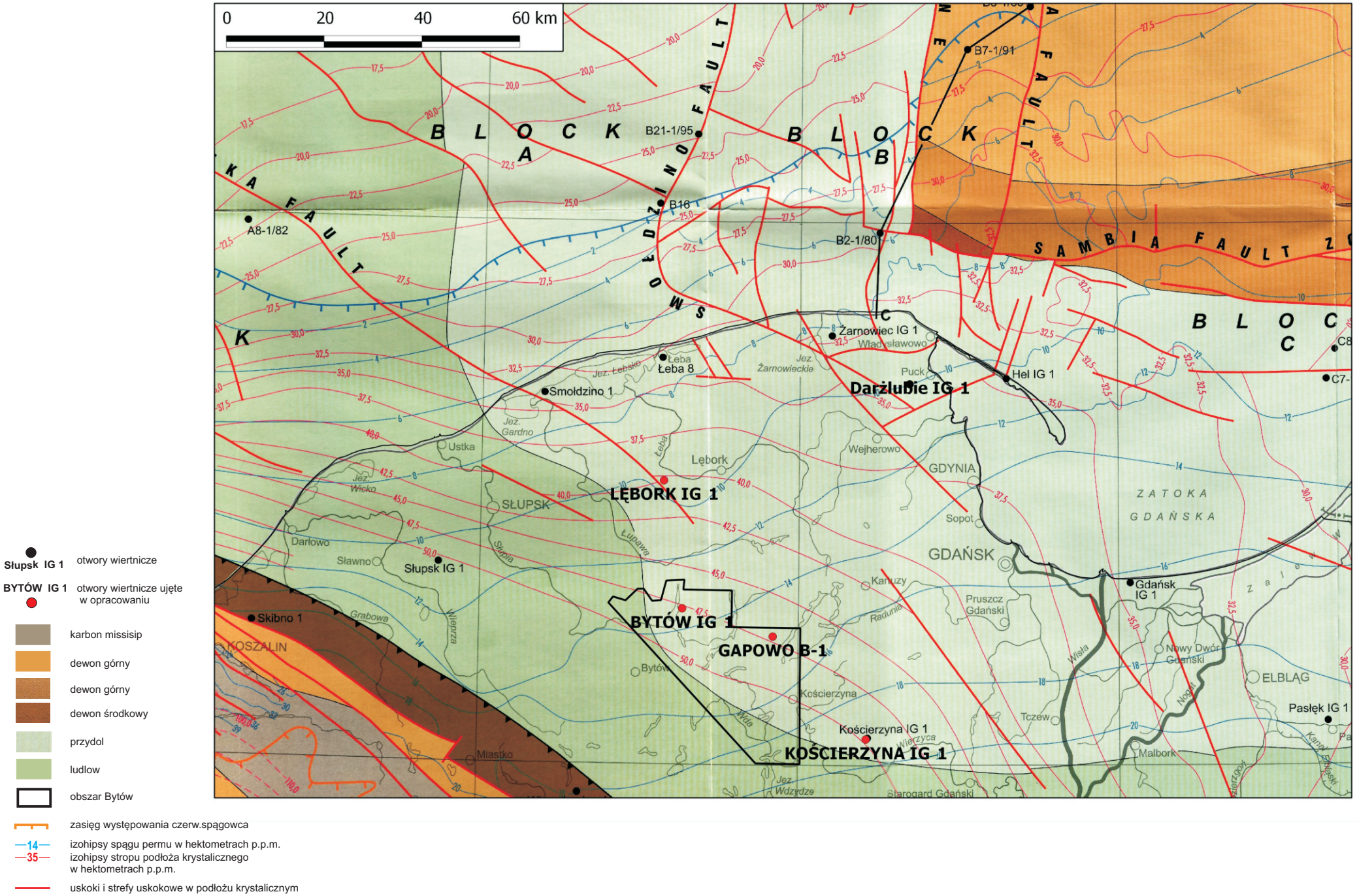
W otworze Kościerzyna IG 1 furong reprezentowany jest przez 0,8 m miąższości osady formacji iłowców bitumicznych z Piaśnicy i należy przypuszczać, że jej miąższość w omawianym obszarze jest niewielka, nie przekracza kilku metrów. Kambr

* Głębokości w otworach Gapowo B-1/B-1A są podane od stołu wiertniczego (9 m powyżej powierzchni terenu)

**Figura 2.1**. Położenie obszaru „Bytów" na tle mapy geologicznej zachodniej i centralnej części obniżenia bałtyckiego bez utworów permu i młodszych (Pokorski & Modliński, 2007).

**Figura 2.2**. Schematyczny przekrój geologiczny Skibno-Darżlubie, wraz z mapką lokalizacyjną (wg Modliński, 2007, 2010, uzupełnione).

**Figura 2.1**. Położenie obszaru Bytów na tle mapy geologicznej zachodniej i centralnej części obniżenia bałtyckiego bez utworów permu i młodszych, na podstawie Pokorski & Modliński (2007)



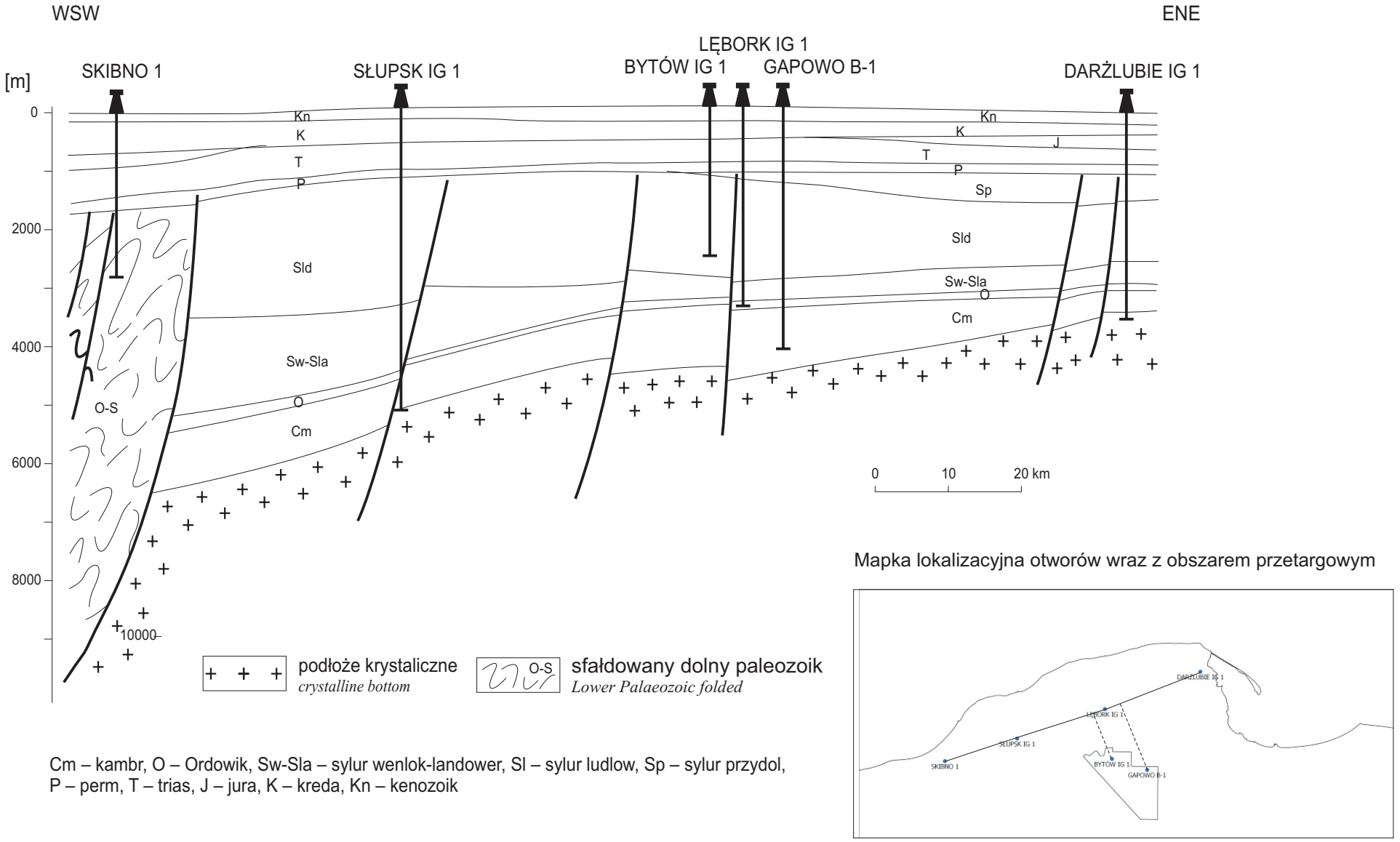



**Figura 2.2**. Schematyczny przekrój geologiczny Skibno–Darżlubie wraz z mapką lokalizacyjną (wg Modliński, red., 2007, uzupełnione)

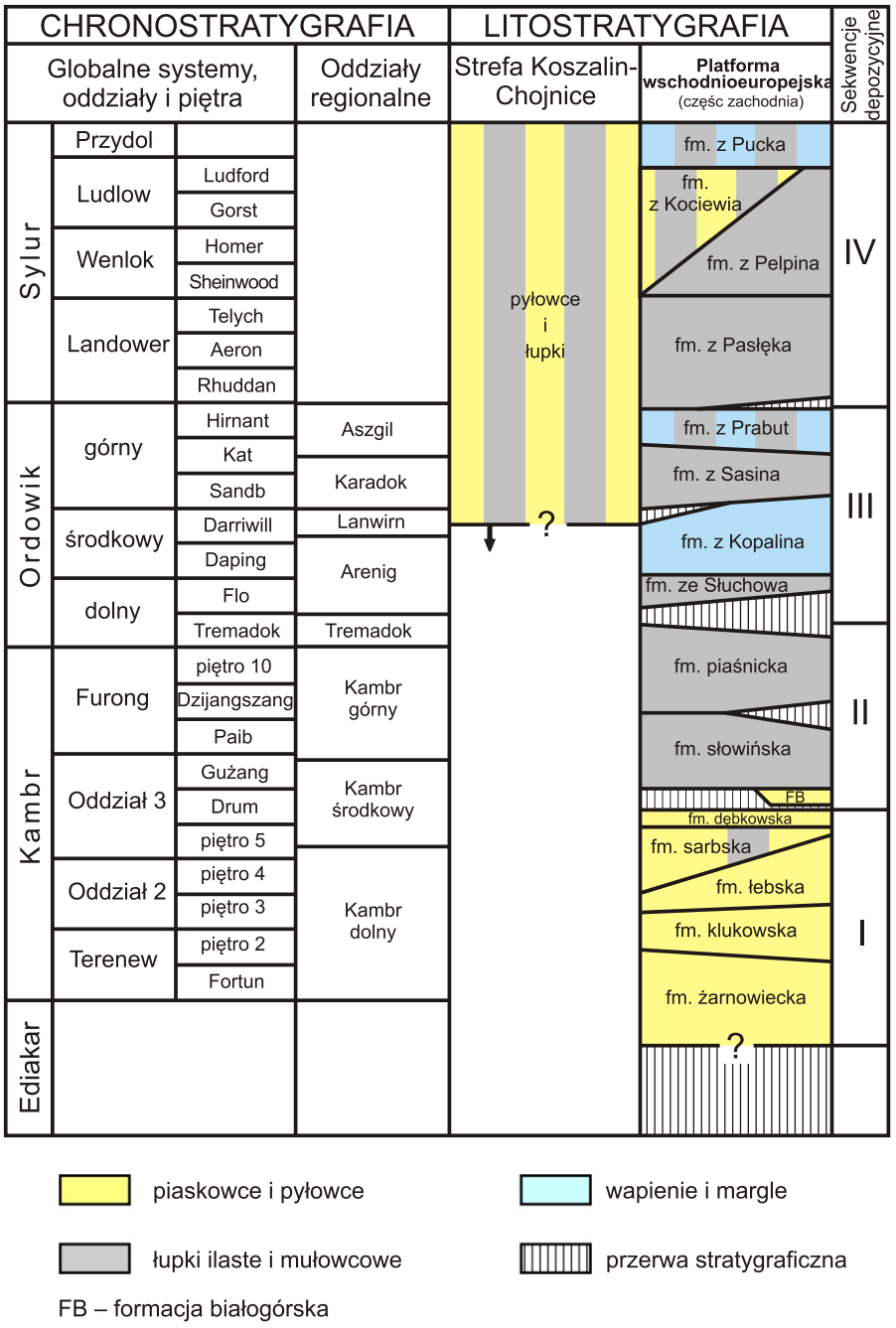



**Figura 2.3**. Tabela stratygraficzna dolnego paleozoiku w rejonie zachodniej części obniżenia bałtyckiego i strefy Koszalin–Chojnice (Modliński & Podhalańska, 2010, zmienione; sekwencje depozycyjne wg Jaworowskiego, 2002).

górny wykształcony jako formacja z Piaśnicy w otworze Gapowo B-1 występuje na głębokości 4257,0–4262,0 m i ma 5 m miąższości. Formacja ta, bogata w substancję organiczną, stanowi jeden z horyzontów macierzystych dla dolnopaleozoicznego systemu naftowego, jednak ze względu na małą miąższość w rejonie Bytowa nie może być brana pod uwagę jako horyzont perspektywiczny (Fig. 2.5.).

## ORDOWIK

Utwory ordowiku nie zostały nawiercone w otworze archiwalnym Bytów IG 1, zostały one przewiercone natomiast w otworze Gapowo B-1 wykonanym na omawianym obszarze przez firmę Indiana Investments. Ordowik ma tu 50 m miąższości i stwierdzono go na głębokości 4207,0–4257,0 m. Stratygrafię i litologię ordowiku rozpoznano także w pobliskim

**Figura 2.4**. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej kambru środkowego (wg Pacześna, 2010a, zmienione).

**Figura 2.5**. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej kambru górnego (wg Pacześna 2010b, zmienione).

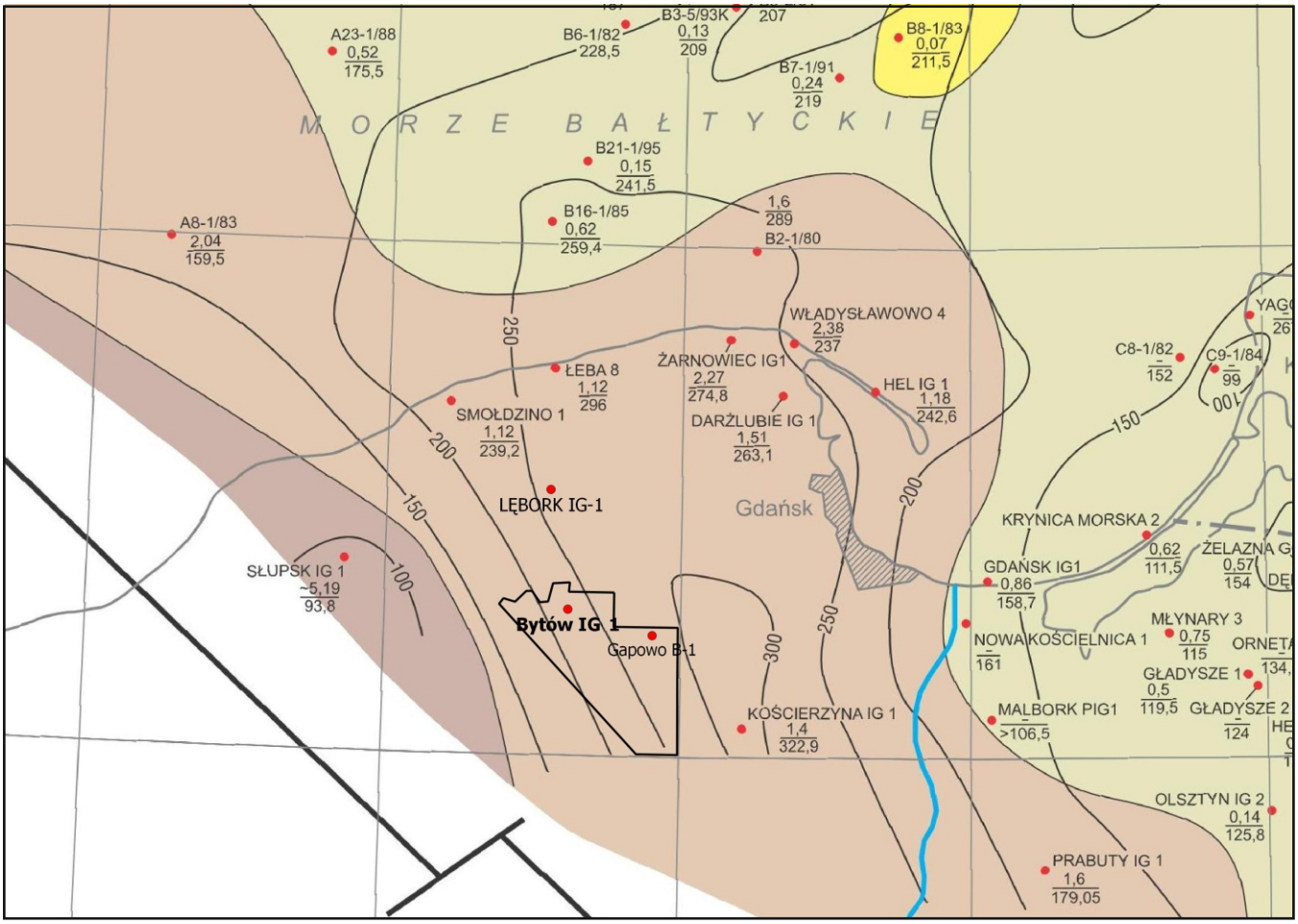
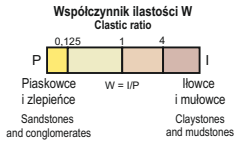



**Figura 2.4. FRAGMENT MAPY LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWEJ KAMBRU ŚRODKOWEGO**

**PART OF THE LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF MIDDLE CAMBRIAN**




0,09 / 40,5 — Otwory wiertnicze: w liczniku wartość współczynnika W, w mianowniku miąższość w m
Boreholes: in numerator – clastic ratio, in denominator – thickness in m

40 — Izopachyty w m
Isopachs in m

Współczesny zasięg osadów kambru środkowego
Recent extent of Middle Cambrian deposits

T - T — Rozłamy strefy Teisseyre'a-Tornquista
Teisseyre-Tornquist Fault Zone

U w a g a: na obszarach współcześnie pozbawionych osadów izopachyty przedstawiono linią przerywaną, litofacje w paskach
N o t e: in areas recently devoid of deposits isopachs marked by dashed line, lithofacies marked by strips

Według: Pacześna (2010a, zmienione)

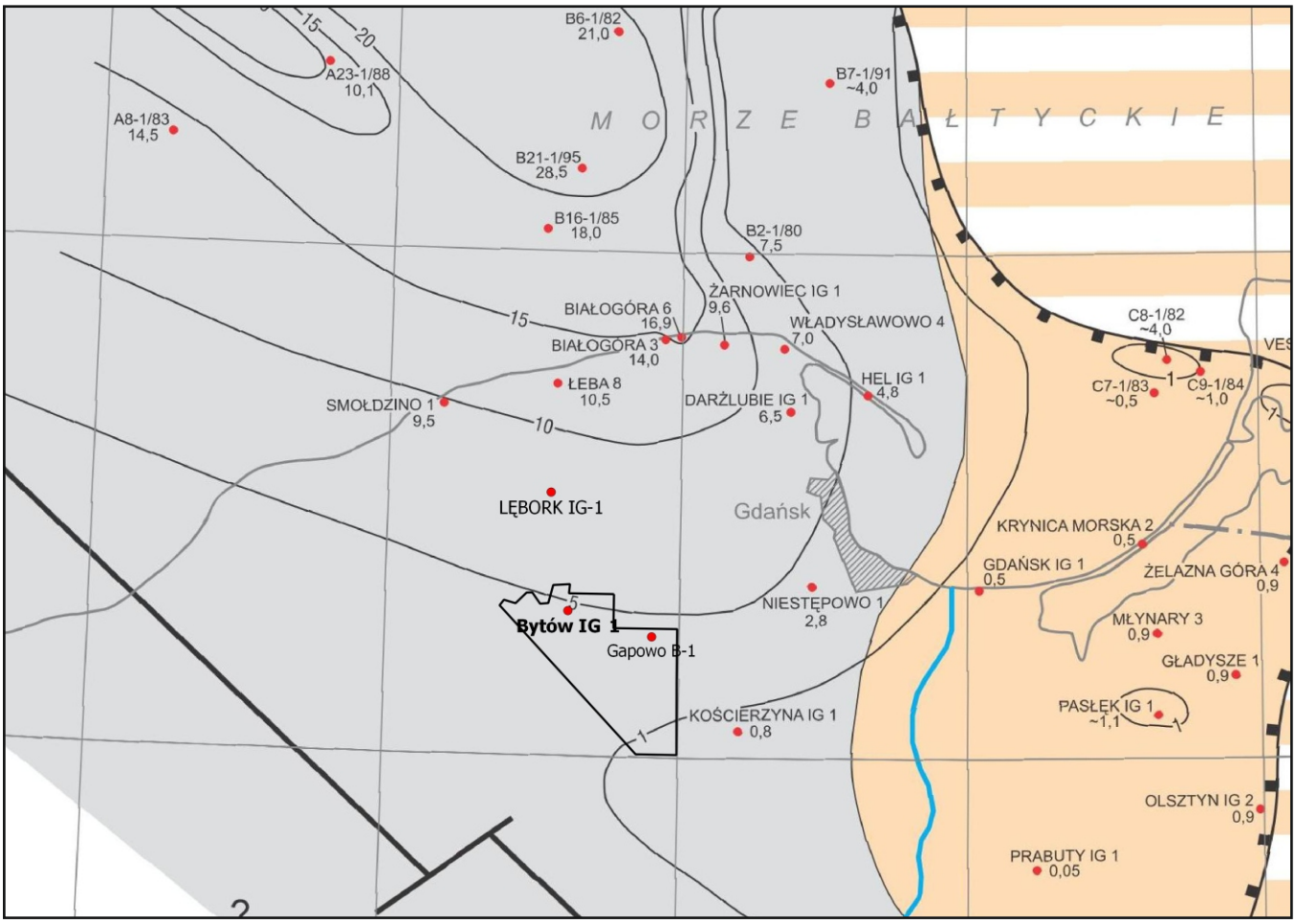



**Figura 2.5. FRAGMENT MAPY LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWEJ KAMBRU GÓRNEGO**
**PART OF THE LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF UPPER CAMBRIAN**

- Litofacja ilasta — Clay lithofacies
- Litofacja ilasto-piaskowcowa — Clay-sandstone lithofacies
- Litofacja piaskowcowa — Sandstone lithofacies
- ŁEBA 8 / 10,5 — Otwory wiertnicze, miąższość w m — Boreholes, thickness in m
- —5— Izopachyty w m — Isopachs in m
- Współczesny zasięg osadów kambru górnego — Recent extent of Upper Cambrian deposits
- T - T Rozłamy strefy Teisseyre'a-Tornquista — Teisseyre-Tornquist Fault Zone

U w a g a: na obszarach współcześnie pozbawionych osadów izopachyty przedstawiono linią przerywaną, litofacje w paskach
N o t e: in areas recently devoid of deposits isopachs marked by dashed line, lithofacies marked by strips

Według: Pacześna (2010b, zmienione)

odwiercie Kościerzyna IG 1 oraz częściowo Lębork IG 1.W otworze Kościerzyna IG 1 ordowik występuje na głębokości 4394,0–4420,3 m osiągając miąższość 26,3 m, w otworze Lębork IG 1 miąższość odwierconego ordowiku górnego i środkowego (spągu nie przewiercono) z głębokości 3273,0–3310,0 m wynosi 37 m.

Niewielka miąższość osadów ordowiku świadczy, iż w tym rejonie subsydencja nie była kompensowana przez sedymentację. Nawiercone osady ordowiku nie różnią się zasadniczo od obserwowanych w innych profilach ordowiku na Niżu. Są wykształcone w litofacji węglanowej i marglistej. Jedynie w karadoku (piętra globalne sandb i niższy kat) dominują utwory drobnoklastyczne. Jest to wykształcenie charakterystyczne dla konfacji skańskiej paleobasenu bałtyckiego (Jaanusson, 1976). Konfacja ta zajmowała brzeżny obszar kratonu wschodnioeuropejskiego, który podlegał silnym ruchom obniżającym, były to najbardziej wewnętrzne partie basenu, do którego dostawa materiału osadowego była utrudniona (Fig. 2.6.).

Utwory ordowiku na platformie wschodnioeuropejskiej obejmują dwa cykle transgresywno-regresywne. Dolny obejmujący klastyczne utwory tremadoku oraz górny od arenigu do aszgilu składa się ze skał węglanowych oraz łupków ilastych i mułowcowych.

Sedymentacja tremadoku była kontynuacją sedymentacji górnego kambru i wyrażała się akumulacją czarnych łupków bitumicznych formacji z Piaśnicy. Współczesny zasięg tej formacji w Polsce jest bardzo ograniczony powierzchniowo i miąższościowo ze względu na erozję przedarenidzką. Utwory te, jeśli występują na obszarze przetargowym, charakteryzują się bardzo małymi miąższościami nie przekraczającymi kilku metrów.

Na zerodowanych częściowo lub całkowicie utworach kambru górnego występują utwory arenigu (piętra globalne flo-daping) wykształcone jako skały drobnoklastyczne z glaukonitem ze zlepieńcem podstawowym w spągu. Utwory te odpowiadają dolnym łupkom didymograptusowym Skanii (Toyen Shale) (Bergström, 1982). Miąższość formacji w rejonie badań może wynosić około kilka metrów; w profilu Kościerzyna IG 1 – 4 m.

Powyżej występuje kompleks węglanowy formacji z Kopalina. Są to wapienie margliste i organodetrytyczne z licznymi klastami fauny bentosowej deponowane w głębszej części rampy w zasięgu sztormowej podstawy falowania (Modliński & Podhalańska, 2010). Miąższość formacji zmienia się od 1–20 m: w profilu Lębork IG 1 niepełna miąższość formacji wynosi 7,5 m, w profilu Kościerzyna IG 1 – 2,0 m, w profilu Gapowo B-1 – 7,0 m.

Jednostka ta kontaktuje z wyżej leżącą formacją z Sasina rozpoczynającą się cienką warstwą trangresywnego zlepieńca. Są to łupki czarne i czarnoszare bitumiczne, miejscami węglanowe zsylifikowane, wzbogacone w substancję organiczną, reprezentujące osad wysokiego stanu morza w obrębie cyklu transgresywno-regresywnego. W obrębie formacji z Sasina występują laminy tufitów i bentonitów. Formacja z Sasina obejmuje osady górnego lanwirnu (darriwilu) i karadoku (sandbu i katu) akumulowane w dystalnej części szelfu w zasięgu sztormowej podstawy falowania. Miąższość jednostki wzrasta z kierunku NE ku SW (Fig. 2.6.) i w profilu Gapowo B-1 wynosi 14,0 m, a w otworze Kościerzyna IG 1 – 16 m, w profilu Lębork IG 1 wynosi wg pomiarów geofizyki wiertniczej 26,5 m (3276,0–3302,5 m). Maksymalna miąższość formacji z Sasina występuje w morskich profilach środkowego Bałtyku (Fig. 2.6.). Ekwiwalentem tych utworów są łupki dicellograptusowe Skanii i Bornholmu (Bergström, 1982). 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 formacji z Prabut. Ich zasięg stratygraficzny obejmuje aszgil (górny kat i hirnant). W najwyższej części formacji występują wkładki piaszczyste odzwierciedlające maksimum eustatycznej regresji, związanej z globalnymi zmianami klimatycznymi w późnym ordowiku (Podhalańska, 2009). Miąższość formacji w profilu Kościerzyna IG 1 wynosi 4,7 m (głęb. wg rdzenia 4394,0–4398,7 m), a w profilu Lębork IG 1 osiąga 8,0 m (głęb. 3268,0–3276,0 m), w profilu Gapowo B-1 – 29,0 m. Utwory formacji reprezentują osad powstały, podobnie jak utworów formacji z Sasina w dystalnej części szelfu.

Miąższość ordowiku, od arenigu do aszgilu włącznie, w zachodniej części obniżenia bałtyckiego wzrasta w kierunku depocentrum w środkowej części Bałtyku i wynosi 30 m w otworze Kościerzyna IG 1 i 150 m w otworze A8-1. Udział materiału klastycznego w osadach wzrasta w kierunku południowo-zachodnim.

## SYLUR

W otworze Bytów IG 1 (jedynym otworze na obszarze przetargowym, poza odwierconym w 2012 r. przez Indiana Investments Sp. z o.o. otworem Gapowo B-1; CBDG, 2015) dowiercono się tylko do utworów wyższego syluru. W otworze Bytów IG 1 utwory dolnego paleozoiku przewiercono tylko do głębokości 2569,7 m. Najstarszymi nawierconymi utworami są utwory ludlowu, ludfordu. Ludlow udokumentowano na głębokości 1596,0–2569,7 m. Miąższość odwierconej serii osadów ludlowu wynosi więc 973,7 m. Powyżej na głębokości 1596,0–1481,0 m występują utwory przydolu. Sylur w otworze Bytów IG 1 ma więc miąższość 1088,7 m. Utwory syluru leżą poziomo. Nie stwierdza się tu żadnych zaburzeń tektonicznych. Zakres rdzeniowania utworów syluru wyniósł około 50% (Fig. 2.7.). Sylur w otworze Gapowo B-1 stwierdzono na głębokości 1895,0–4207,0 m (miąższość 2312,0 m). Udokumentowano tu landower, wenlok, ludlow i przydol.

Na sylurze z dużą luką stratygraficzną występuje perm – czerwony spągowiec, na głębokości 1477,0–1481,0 m (miąższość 4,0 m). Dokumentacja utworów syluru w otworze Bytów IG 1 przedstawiona jest w zeszycie nr 40 Profili głębokich otworów wiertniczych Instytutu Geologicznego (Tomczyk, 1977). Wspomniany zeszyt stanowi integralną część Dokumentacji wynikowej otworu, znajdującej się w Narodowym Archiwum Geologicznym. W dokumentacji wynikowej otworu Bytów IG 1, podobnie jak w większości opracowań archiwalnych dotyczących syluru platformy wschodnioeuropejskiej, skały sylurskie interpretowane były głównie jako iłowce, w ludlowie z przewarstwieniami mułowców. Nowsze badania, m. in. te służące rozpoznaniu stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów wykazały, że utwory syluru to mieszanina w zmiennej proporcji iłu i pyłu: mułowce i pyłowce z mniejszym udziałem iłowców.

**Figura 2.6**. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej karadoku (wg Modliński & Szymański, 2010, zmienione).

**Figura 2.7**. Profil litologiczno-stratygraficzny otworu Bytów IG 1.

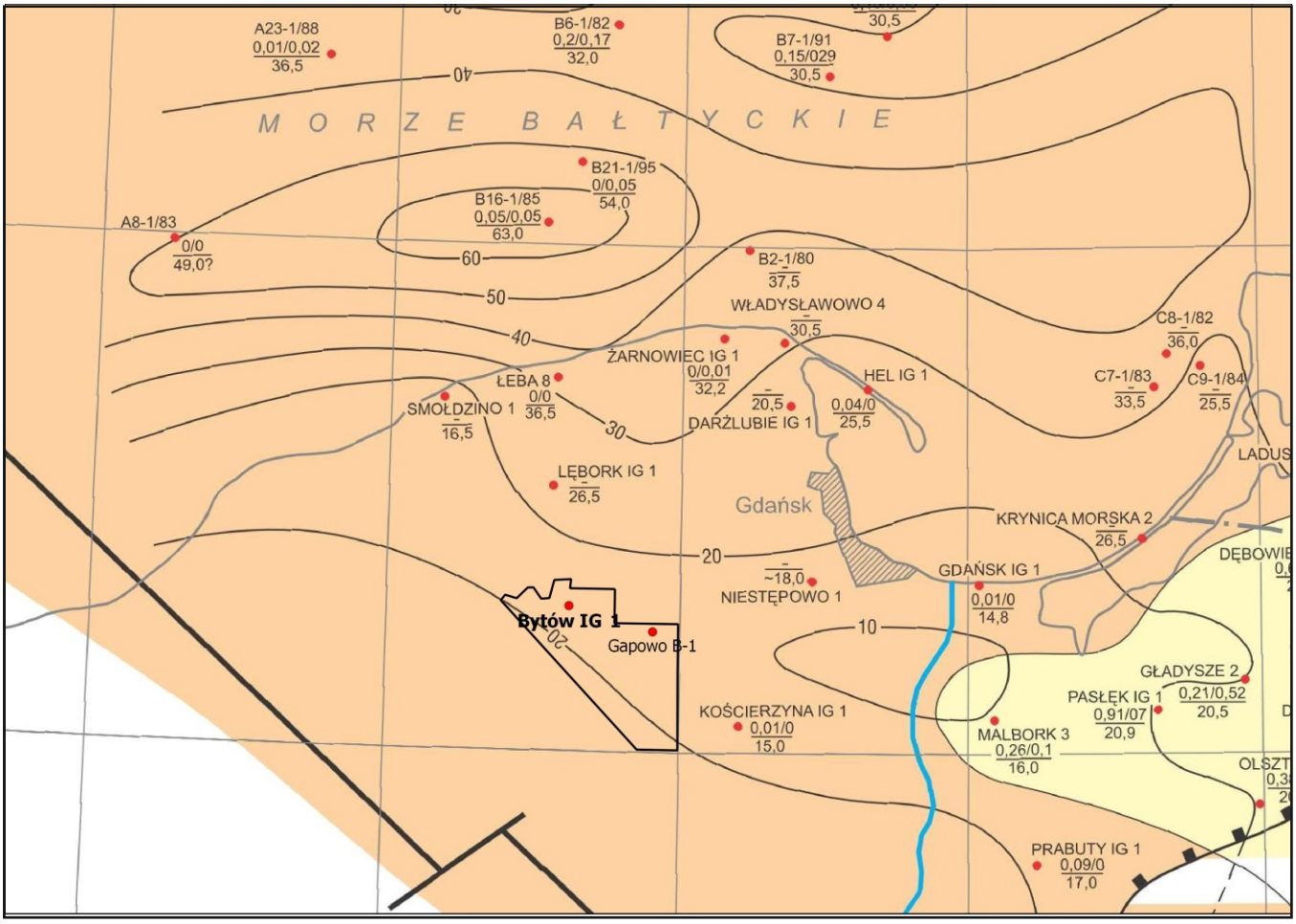



**Figura 2.6. FRAGMENT MAPY LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWEJ KARADOKU**

**PART OF THE LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF CARADOC**

RÓWCE 1 1,4/1,6 9,5 — Otwory 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

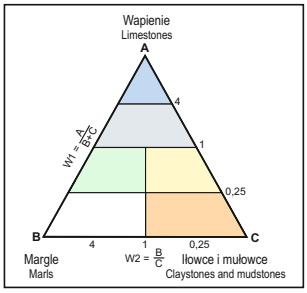
Współczesny zasięg osadów karadoku
Recent extent of Caradoc deposits

T - T — Rozłamy strefy Teisseyre'a-Tornquista
Teisseyre-Tornquist Fault Zone

0 — Obszar bez akumulacji osadów
Non-deposition area

U w a g a: na obszarach współcześnie pozbawionych osadów izopachyty przedstawiono linią przerywaną, litofacje w paskach
N o t e: in areas recently devoid of deposits isopachs marked by dashed line, lithofacies marked by strips

Według: Modliński & Szymański (2010, zmienione)



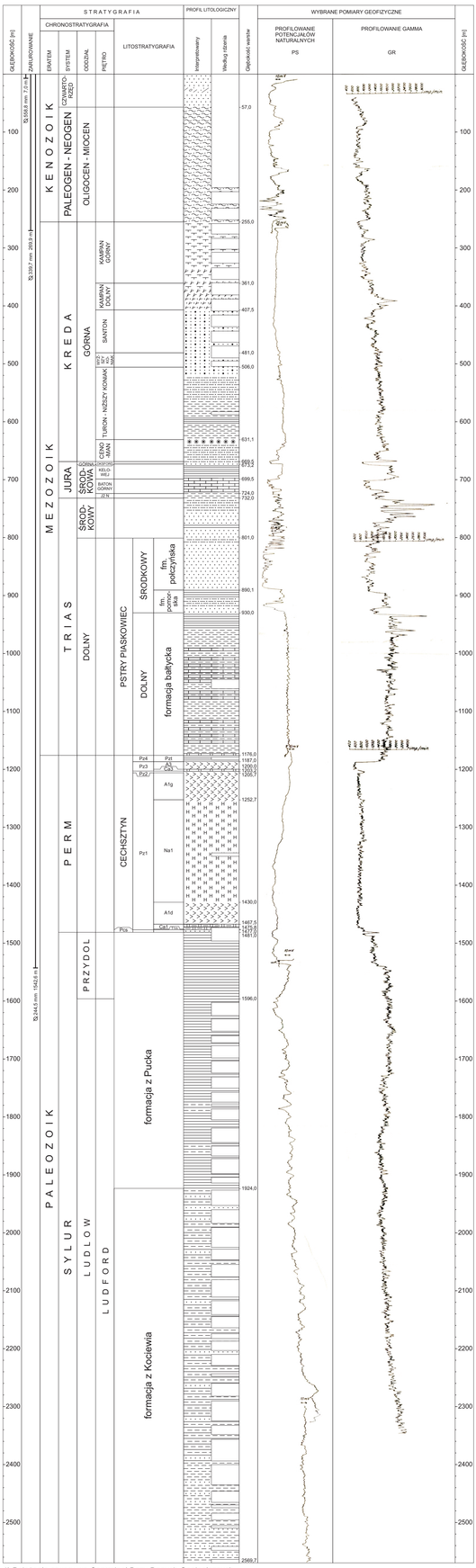
# Figura 2.7. PROFIL ZBIORCZY ODWIERTU BYTÓW IG 1

SKALA: 1:4000

MIEJSCOWOŚĆ: JASIEŃ
WOJEWÓDZTWO: SŁUPSKIE
WIERCENIE ROZPOCZĘTO: 30.03.1960 r.
WIERCENIE ZAKOŃCZONO: 01.03.1961 r.
GŁĘBOKOŚĆ KOŃCOWA: 2569,7 m

WSPÓŁRZĘDNE PROSTOKĄTNE *[1]
X_1992 714088,343
Y_1992 410682,664
WYSOKOŚĆ N.P.M. 131,3 m




1) Położenie otworu wg Centralnej Bazy Danych Geologicznych
2) Litologia wg Profile Głębokich Otworów Wiertniczych: Bytów IG-1, zeszyt 40: H. Tomczyk, 1977

- glina zwałowa
- piaski i żwiry z otoczakami
- piaski różnoziarniste
- piaski i piaskowce
- mułki
- mułki piaszczyste
- mułowce
- mułowce i pyłowce
- mułowce piaszczyste
- iły, iłowce i łupki
- wapienie
- wapienie piaszczyste
- wapienie dolomityczne
- dolomity
- margle
- margle piaszczyste
- anhydryty
- sole kamienne
- gezy
- gezy piaszczyste
- glaukonit

**Landower**

Utwory syluru niższego, landoweru i wenloku nie zostały przewiercone w otworze Bytów IG 1, udokumentowano je natomiast w otworze Gapowo B-1. Znane są także z archiwalnych otworów wiertniczych występujących poza obszarem. Są to otwory Kościerzyna IG 1 oraz Lębork IG 1.

Utwory syluru, podobnie jak pozostałe osady starszego paleozoiku tego rejonu, powstały w obrębie głębszej części basenu bałtyckiego rozciągającym się od późnego proterozoiku wzdłuż zachodniego skłonu Bałtyki, na uginającym się fleksuralnie skłonie kratonu wschodnioeuropejskiego. Rozwój litofacjalny syluru i jego miąższości w otworach Lębork IG 1 i Kościerzyna IG 1 są typowe dla sedymentacji w rozwijającym się stopniowo w sylurze rowie przedgórskim, powstałym wzdłuż zachodniej krawędzi kratonu wschodnioeuropejskiego na skutek kolizji dwóch paleokontynentów: Baltiki i Awalonii (m.in. Jaworowski, 2000; Poprawa, 2010a).

Miąższość landoweru w obszarze przetargowym „Bytów” w profilu Gapowo B-1 wynosi 43,0 m; ku południowi i południowemu-zachodowi zwiększa się do około 60 m i w profilu Kościerzyna IG 1 według wynosi 62,5 m (Szymański & Modliński, 2003; Modliński i in. 2010a; Fig. 2.8.).

W landowerze zachodniej części obniżenia bałtyckiego wyróżnić można formację z Pasłęka oraz ogniwo Jantaru. Ogniwo Jantaru, stanowiące dolną część formacji z Pasłęka wykształcone jest jako czarne bitumiczne łupki mułowcowe z fauną graptolitów. Formacja z Pasłęka wraz z ogniwem Jantaru zalega z niewielką przerwą erozyjną lub też w obszarach obniżonych w sposób ciągły na utworach formacji z Prabut ordowiku. Ogniwo Jantaru reprezentuje w cyklu T-R utwory transgresywne przechodzące w utwory wysokiego stanu morza. Bogata fauna graptolitów pozwala na określenie wieku tej jednostki na piętro rhuddan.

Ogniwo Jantaru, ze względu na dużą zawartość węgla organicznego, stanowi jeden z ważniejszych horyzontów perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. Zasięg geograficzny tej jednostki jest jednak ograniczony do rejonu wyniesienia Łeby oraz obszarów Bałtyku. Miąższość ogniwa Jantaru zmienia się od 0 do 12 m (wiercenie Kościerzyna IG 1), gdzie występuje na głębokości rdzeniowej 4382,0–4394,0 m. Na obszarze przetargowym „Bytów” należy spodziewać się nawet większych miąższości ogniwa Jantaru, w profilu Gapowo B-1 wynosi 15,0 m.

W wyższej części formacji z Pasłęka kontynuowana jest sedymentacja drobnoklastyczna w warunkach otwartego szelfu poniżej podstawy falowania a dominującym typem litologicznym są mułowce i iłowce szare i zielonkawe, miejscami wapniste z wkładkami węglanów. W osadach formacji z Pasłęka występuje bogaty zespół skamieniałości graptolitów, który określa wiek skał na landower. W przeławiceniach zielonawych mułowców i iłowców wapnistych graptolity są dużo mniej liczne.

**Wenlok**

Wenlok został udokumentowany w pobliskim otworze Lębork IG 1 oraz Kościerzyna IG 1. W profilu Lębork IG 1 występuje on na głębokości 3062,0–3248,0 m (miąższość 186,0 m); w profilu Kościerzyna IG 1 według Szymańskiego & Modlińskiego (2003) na głębokości rdzeniowej 4005,0–4328,8 m (miąższość 323,8 m), w profilu Gapowo B-1 – 4060,0–4164,0 m (miąższość 104, 0 m). Otwór ten dostarczył nowych danych miąższościowych, w związku z czym rozkład miąższości wenloku na mapie (Fig. 2.9) wymaga aktualizacji. W otworze Bytów IG 1 można spodziewać się zbliżonych miąższości oraz rozkładu litofacji jak w profilu Lębork IG 1 i mniejszych niż w profilu Kościerzyna IG 1, jako że miąższości wenloku zwiększają się ku południowi i południowemu zachodowi (Modliński i in., 2010b; Fig. 2.9.).

Utwory wenloku na opisywanym obszarze, w niższej części reprezentowane są przez mułowce formacji z Pelplina. W wyższym wenloku pojawiają się przeławicenia pyłowców wyznaczając początek formacji z Kociewia zawierającej warstewki i laminy klastyków o grubszym ziarnie zwykle zawierających materiał węglanowy. Osady tej formacji powstały w czasie intensywnych ruchów wynoszących obszary źródłowe materiału okruchowego 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 NE i SEE formacja ta pojawia się później. W profilu Gapowo B-1 strop formacji z Pelplina w ludlowie podano na głębokości 3210,0 m (Raport geologiczny, 2013).

**Ludlow**

W zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej ludlow charakteryzuje się bardzo dużą miąższością (Modliński i in., 2010c) i jest wykształcony w przeważającej części jako mułowce i pyłowce formacji z Kociewia, zawierające laminy, wkładki i soczewki węglanowe. Łupkowo-pyłowcowa formacja z Kociewia, dla której źródłem materiału klastycznego była przypuszczalnie pryzma akrecyjna związana z kolizją Baltiki i Awalonii, uważana jest przez Jaworowskiego (2007) za egzoflisz łupkowy. Zasięg formacji z Kociewia na obszarze zachodniej części obniżenia bałtyckiego obejmuje znaczną część ludlowu (Modliński i in., 2010c; Fig. 2.10.).

Miąższość odwierconej, tylko górnej części formacji z Kociewia w otworze Bytów IG 1 wynosi 645,7 m. Całkowita miąższość tej jednostki w otworze Lębork IG 1 wynosi 1430 m, w otworze położonym na NW Słupsk IG 1 – 3003,0 m. W otworze Bytów IG 1 należy spodziewać się wartości pośrednich. W otworze Gapowo B-1 jej miąższość podana w Raporcie (op. cit.) wynosi 1130,0 m, a całego ludlowu 2080,0 m.

Powyżej sedymentacji grubszych silikoklastyków i kalciklastyków następuje powtórnie sedymentacja osadów mułowcowych i ilastych formacji z Pucka. Jednostka ta kończy sedymentację syluru. Jej niecałkowita miąższość w otworze Bytów IG 1 wynosi 443 m i obejmuje górny ludford i przydol. Utwory ludlowu ze względu na bardzo duże miąższości i niskie wartości porowatości i przepuszczalności, przy jednoczesnym braku przejawów macierzystości można warunkowo traktować jako pierwszy horyzont uszczelniający dla górnoordowicko-dolnosylurskiego horyzontu perspektywicznego.

**Przydol**

Przydol jest wykształcony jako mułowce i iłowce wapniste formacji z Pucka. Miąższość przydolu mocno zerodowanego przed permem w profilu Bytów IG 1 wynosi min.115 m, w

**Figura 2.8**. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej landoweru (wg Modliński i in., 2010a, zmienione).

**Figura 2.9**. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej wenloku (wg Modliński i in., 2010b, zmienione).

**Figura 2.10**. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej ludlowu (wg Modliński i in., 2010c, zmienione).

**Figura 2.11**. Fragment mapy litofacjalno-paleomiąższościowej przydolu (wg Modliński i in., 2010d, zmienione).

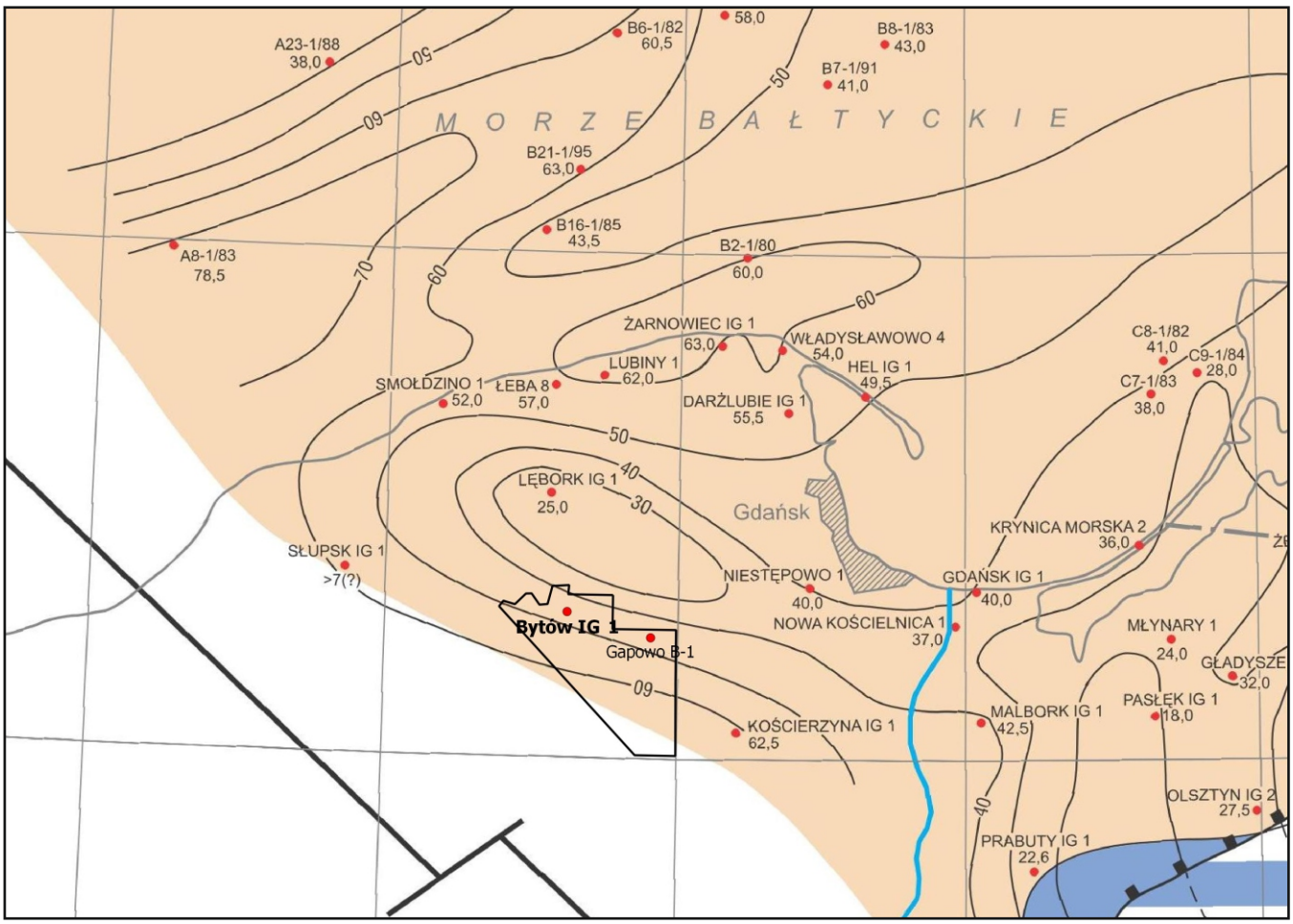



**Figura 2.8. FRAGMENT MAPY LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWEJ LANDOWERU**

**PART OF THE LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF LLANDOVERY**

RÓWCE 1 27,0 — Otwory wiertnicze, miąższość w m
Boreholes, thickness in m

20 — Izopachyty w m
Isopachs in m

Współczesny zasięg osadów landoweru
Recent extent of Llandovery deposits

T - T — Rozłamy strefy Teisseyre'a-Tornquista
Teisseyre-Tornquist Fault Zone

0 — Obszar bez akumulacji osadów
Non-deposition area

Litofacja ilasta
Clay lithofacies

Litofacja marglisto-ilasta
Marl-clay lithofacies

Litofacja marglisto-dolomityczna
Marl-dolomite lithofacies

Litofacja ilasto-wapienna
Clay-limestone lithofacies

Litofacja wapienno-ilasta
Limestone-clay lithofacies

U w a g a: na obszarach współcześnie pozbawionych osadów izopachyty przedstawiono linią przerywaną, litofacje w paskach
N o t e: in areas recently devoid of deposits isopachs marked by dashed line, lithofacies marked by strips

Według: Modliński i in. (2010a, zmienione)

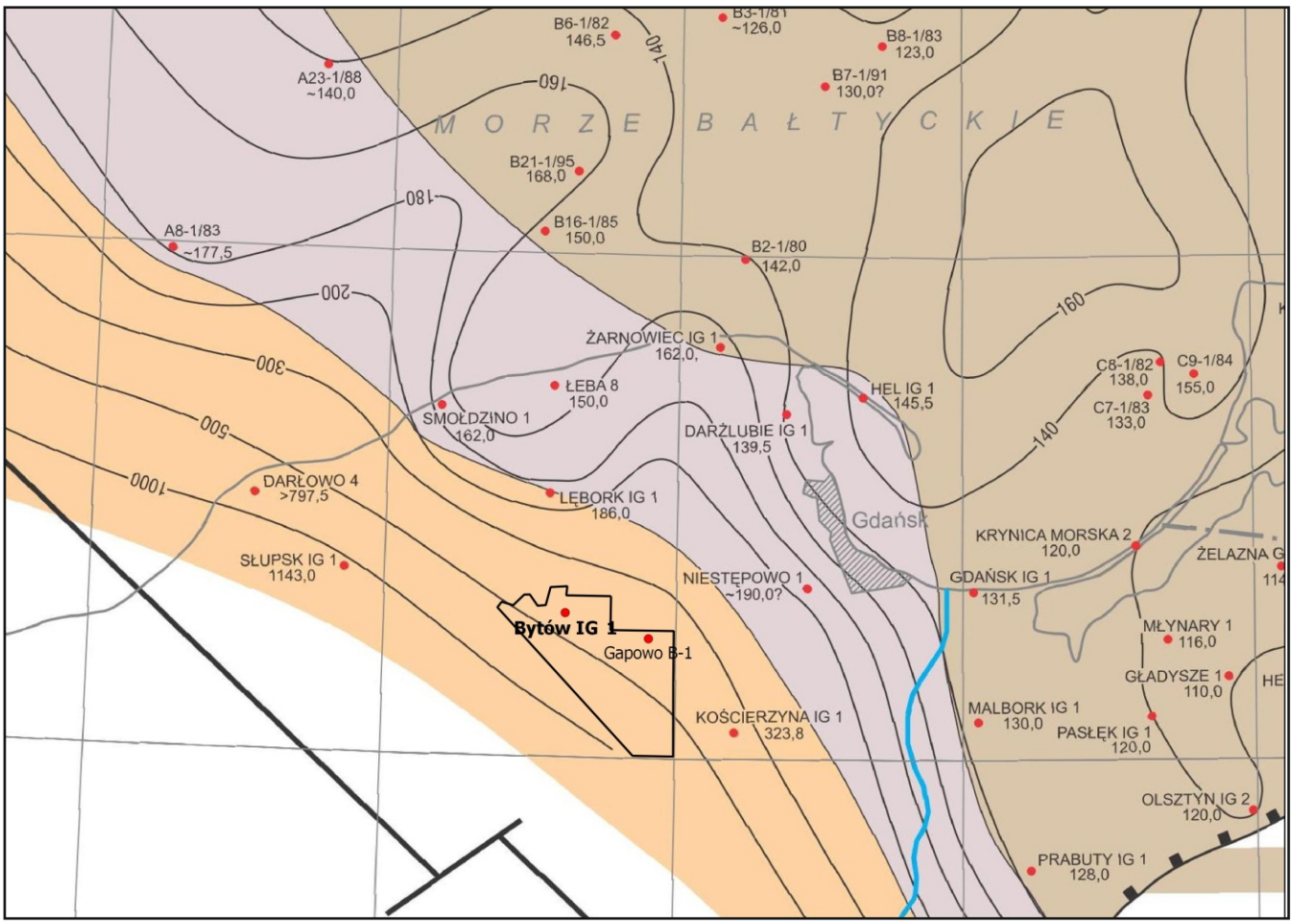



**Figura 2.9. FRAGMENT MAPY LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWEJ WENLOKU**

**PART OF THE LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF WENLOCK**

DOBRE 1 99,5 — Otwory wiertnicze, miąższość w m
Boreholes, thickness in m

— 20 — Izopachyty w m
Isopachs in m

Współczesny zasięg osadów wenloku
Recent extent of Wenlock deposits

T - T — Rozłamy strefy Teisseyre'a-Tornquista
Teisseyre-Tornquist Fault Zone

Litofacja ilasto-mułowcowa
Clay-mudstone lithofacies

Litofacja ilasta
Clay lithofacies

Litofacja ilasta z nielicznymi soczewkami wapiennymi
Clay lithofacies with the few limestone lenses

Litofacja ilasto-wapienna
Clay-limestone lithofacies

Litofacja wapienno-marglista
Limestone-marl lithofacies

U w a g a : na obszarach współcześnie pozbawionych osadów izopachyty przedstawiono linią przerywaną, litofacje w paskach
N o t e: in areas recently devoid of deposits isopachs marked by dashed line, lithofacies marked by strips

Według: Modliński i in. (2010b, zmienione)

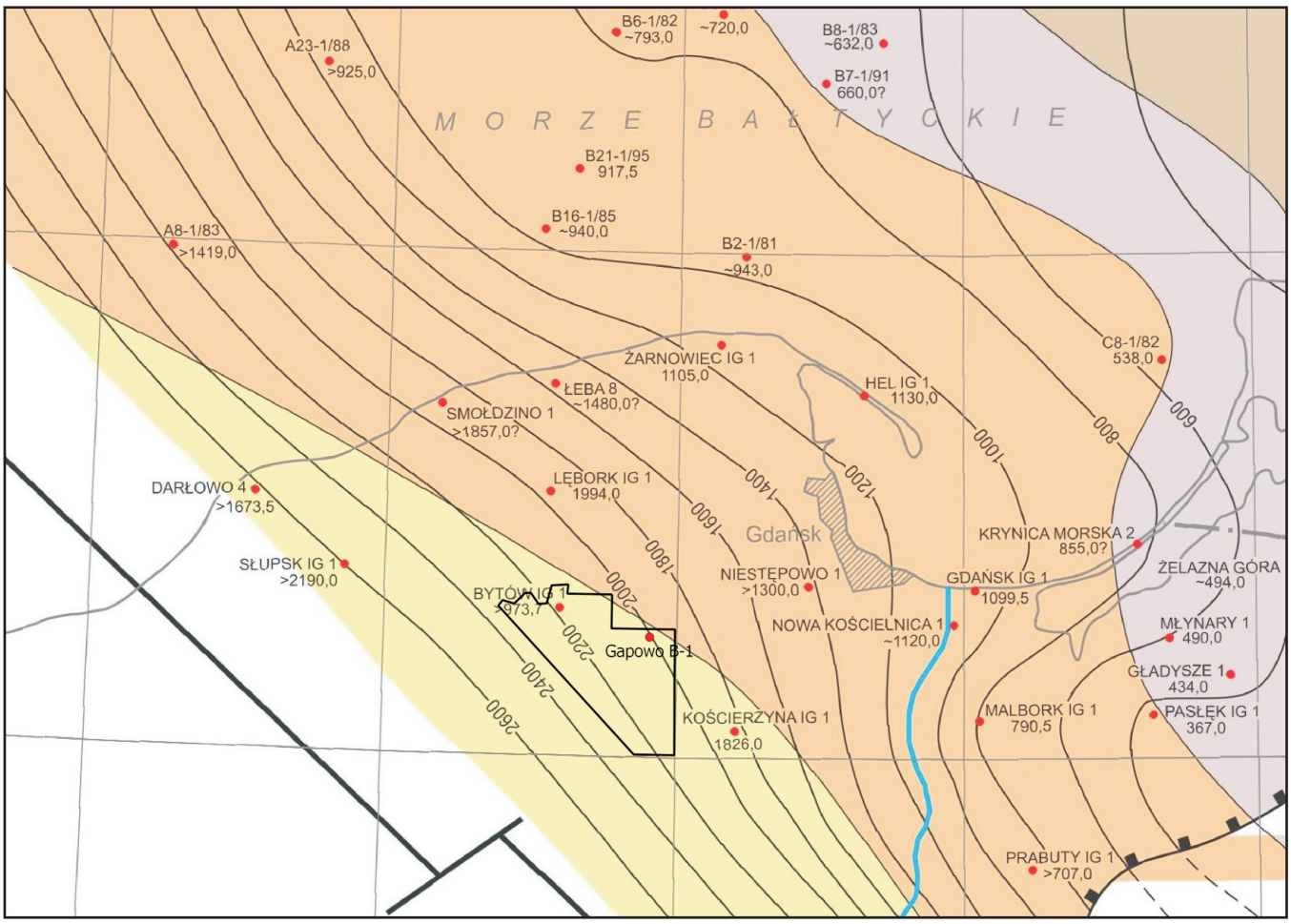



**Figura 2.10. FRAGMENT MAPY LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWEJ LUDLOWU**

**PART OF THE LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF LUDLOW**

KOCK 5 344,0 — Otwory wiertnicze, miąższość w m
Boreholes, thickness in m

— 20 — Izopachyty w m
Isopachs in m

Współczesny zasięg osadów ludlowu
Recent extent of Ludlow deposits

T - T Rozłamy strefy Teisseyre'a-Tornquista
Teisseyre-Tornquist Fault Zone

Litofacja mułowcowo-ilasta
Mudstone-clay lithofacies

Litofacja ilasto-mułowcowa
Clay-mudstone lithofacies

Litofacja ilasta
Clay lithofacies

Litofacja ilasta z wkładkami i soczewkami wapiennymi i marglistymi
Clay lithofacies with limestone and marl interbeds and lenses

Litofacja marglisto-wapienna
Marl-limestone lithofacies

U w a g a: na obszarach współcześnie pozbawionych osadów izopachyty linią przerywaną, litofacje w paskach
N o t e: in areas recently devoid of deposits isopachs marked by dashed line, lithofacies marked by strips

Według: Modliński i in. (2010c, zmienione)

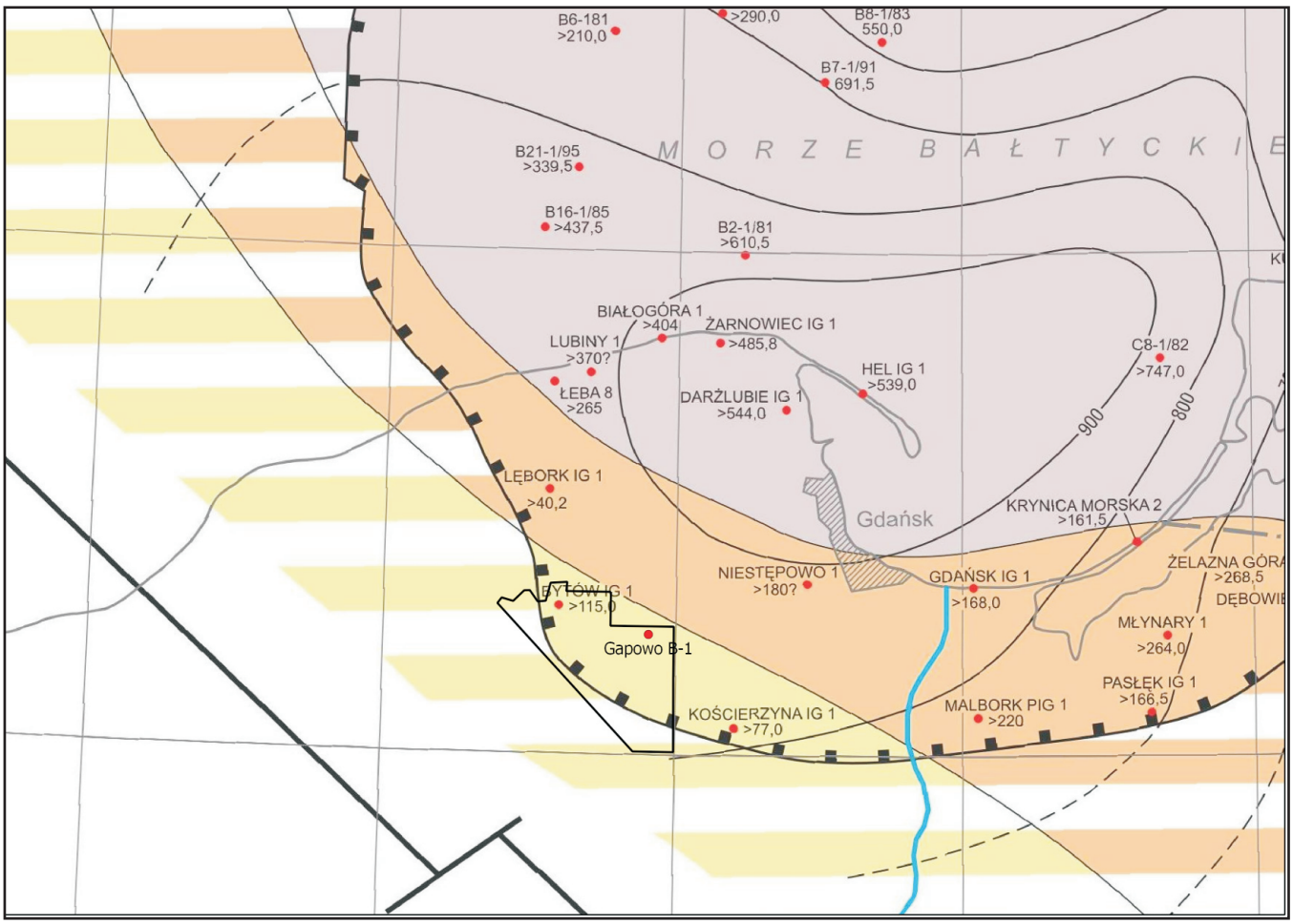



**Figura 2.11. FRAGMENT MAPY LITOFACJALNO-PALEOMIĄŻSZOŚCIOWEJ PRZYDOLU**
**PART OF THE LITHOFACIES-PALEOTHICKNESS MAP OF PRIDOLI**

57,0 Otwory wiertnicze, miąższość w m
Boreholes, thickness in m

20 Izopachyty w m
Isopachs in m

Współczesny zasięg osadów przydolu
Recent extent of Pridoli deposits

T - T Rozłamy strefy Teisseyre'a–Tornquista
Teisseyre–Tornquist Fault Zone

Litofacja ilasta
Clay lithofacies

Litofacja ilasta z soczewkami i wkładkami wapieni
Clay lithofacies with limestone lenses and interbeds

Litofacja wapienno-ilasta
Limestone-clay lithofacies

Litofacja marglisto-wapienna
Marl-limestone lithofacies

Litofacja wapienna
Limestone lithofacies

U w a g a: na obszarach współcześnie pozbawionych osadów izopachyty przedstawiono linią przerywaną, litofacje w paskach
N o t e: in areas recently devoid of deposits isopachs marked by dashed line, lithofacies marked by strips

Według: Modliński i in. (2010d, zmienione)

otworze Gapowo B-1 – 85 m. Miąższość przydolu wzrasta ku północy osiągając największe wartości nawet do 1000 m w okolicach zatoki gdańskiej (Modliński i in., 2010d; Fig. 2.11.).

### 2.1.2. EWOLUCJA GEOTEKTONICZNA BASENU WCZESNOPALEOZOICZNEGO

Geneza basenu bałtyckiego związana jest z neoproterozoicznym rozpadem superkontynentu Rodiniii/Pannotii (Poprawa i in., 1999; Jaworowski, 2002; Poprawa & Pacześna, 2002; Jaworowski & Sikorska, 2003). W wyniki gwałtownej, synryftowej subsydencji (Poprawa & Pacześna, 2002; Poprawa, 2006a) 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 & Sikorska, 2003). We wczesnym kambrze nastąpiło przejście z depozycji w warunkach lądowych do depozycji w warunkach przejściowych aż po morskie (fm. klukowska, łebska; Bednarczyk & Turnau-Morawska, 1975). Sedymentacja silikoklastycznych osadów morskich kontynuowała się do środkowego kambru (fm. sarbska i dębkowska; Bednarczyk & Turnau-Morawska, 1975; Jaworowski, 1998) 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, 2006b).

Na obszarze przetargowym „Bytów", w wyniku erozji lub braku depozycji, miąższości skał II cyklu transgresywno-regresywnego są mocno ograniczone jedynie do osadów górno-kambryjskich. Są to niewielkiej miąższości iłowce i mułowce formacji z Piaśnicy (Bednarczyk & Turnau-Morawska, 1975).

Od środkowego/późnego ordowiku zmieniły się warunki geotektoniczne basenu bałtyckiego. W wyniku skośnej kolizji Awalonii i Baltiki obszar basenu bałtyckigo przestał należeć do pasywnego brzegu kontynentu a stał się zapadliskiem przedgórskim zbliżającego się orogenu (Poprawa i in., 1999; Poprawa & Pacześna, 2002; Poprawa, 2006b). W wyniku fleksuralnego uginania skorupy Baltiki, w basenie miał miejsce systematyczny wzrost tempa subsydencji osiągający swe maksimum w sylurze (ludlowie i przydolu; Poprawa i in., 1999; Modliński i in., 1999; Jaworowski, 2000, 2002; Poprawa, 2006a, b). 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 litofacjalny, ze wzrastającym udziałem osadów klastycznych w kierunku zachodnim a osadów węglanowych w kierunku wschodnim (np. Modliński, 1968; Modliński & Podhalańska, 2010). W dalszym ciągu zaznaczały się wpływy zjawisk globalnych, jak na przykład eustatyczne zmiany poziomu morza związane z światowym ochłodzeniem klimatu w hirnancie (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 ciągłe 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 sedymentacja iłowców i mułowców (ogniwa Jantaru, formacji Pasłęka; 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 Pasłęka; Modliński i in., 2006) jak i wenlok (formacja z Pelplina; Modliński i in., 2006) natlenienie w basenie było zmienne, jednak systematycznie wzrastała dostawa materiału silikoklastycznego, rozszerzając strefę depozycji facji ilasto-mułowcowych w kierunku wschodnim. Za obszar źródłowy materiału klastycznego uznaje się kaledońską pryzmę akrecyjną ulokowaną wzdłuż strefy kolizji Baltiki i wschodniej Awalonii (Poprawa i in., 1999; Jaworowski, 2000, 2002; Poprawa, 2006b). Osady syluru traktowane są jako egzoflisz (Jaworowski, 2000) deponowany w najbardziej dystalnych partiach basenu przedgórskiego przed formującym się orogenem kaledońskim. Profil utworów dolnopaleozoicznych w basenie bałtyckim jest zredukowany (brak jest części lub całości utworów przydolu) w wyniku erozji związanej częściowo w izostatycznym wypiętrzaniem pokolizyjnym (Poprawa, 2006b).

### 2.1.3. PETROGRAFIA OSADÓW ORDOWIKU I SYLURU

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: Bytów IG 1 (Tomczyk, 1977), Kościerzyna IG 1 (Modliński, 1982) i Lębork IG 1 (Podhalańska & Sikorska-Jaworowska, 2015) oraz w publikacjach Langier-Kuźniarowej (1964, 1967, 1971a, b, 1974a, b, 1979, 1981, 1990).

Osady ordowiku na obszarze przetargowym zostały przewiercone w otworze Gapowo B-1. W otworach Lębork IG 1 i Kościerzyna IG 1 usytuowanych w pobliżu obszaru przetargowego, osady ordowiku występują odpowiednio na głębokościach: 3273,0 m i 2097,5 m. Obejmują one osady od flo-dapingu (arenig) do hirnantu (aszgil), które należą do formacji z Kopalina, Sasina oraz Prabut. Strop osadów sylurskich w otworze Bytów IG 1 jest na głębokości 1479,5 m. Są to osady o dużej miąższości reprezentujące landower, wenlok, ludlow i przydol, które należą do formacji z Pasłęka, Pelplina, Kociewia i Pucka (w otworze Bytów IG 1 dowiercono się tylko do ludlowu). Powyżej syluru występują osady permu.

Wykształcenie litologiczne osadów ordowickich i sylurskich jest na ogół bardzo monotonne. Są to skały ilaste: szare i ciemnoszare iłołupki 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 pojedyncze 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 blaszkowatej substancji ilastej, w skład której wchodzą 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 aleurytowa i teksturą spływową. Ich cechą charakterystyczną jest obfitość muskowitu lub hydromuskowitu, niekiedy z biotytem i chlorytem oraz lokalnie rozsianymi skupieniami wodorotlenków żelaza. Powszechnie występuje kwarc, którego przeciętna średnica ziarn wynosi najczęściej od 0,015 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 podrzędnie, w postaci soczewek, konkrecji i wkładek wapienia pelitycznego. Skały glaukonitowe, w postaci kilkumetrowego kompleksu, obserwowano w spągu profilu ordowiku, w otworze wiertniczym Kościerzyna 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.

**Ordowik**

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

Litofacja glaukonitowa charakterystyczna jest dla spągu profilu ordowiku (arenig). W dolnej części wyróżniono glaukonityt zlepieńcowaty, który oprócz ziarn glaukonitu, o przeciętnej wielkości 0,04–1 mm, zawiera również ziarna fosforanów oraz niewielką ilość ziarn kwarcu. Spoiwo skały jest ilaste, wzbogacone w materię organiczną oraz węglanowe (dolomit). Występuje również piryt. Ku stropowi poziomu glaukonitowego zaznacza się stopniowy spadek zawartości glaukonitu. Zmienne ilości glaukonitu występują w skale ilastej o znacznej zawartości materii organicznej oraz węglanowo-marglistej. Glaukonitowi towarzyszą fosforany, piryt i wodorotlenki żelaza.

Litofacja węglanowa (Fig. 2.12A.), w dolnej części profilu ordowiku (arenig), jest reprezentowana 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 zawartość materii organicznej. W swym składzie zawierają skupienia pirytu, mułek kwarcowy oraz znaczną ilość mikroskopowej wielkości romboedrów, prawdopodobnie dolomitu.

Litofacja ilasta (Fig. 2.12B.) jest reprezentowana przez iłowce i łupki ilaste, niektóre pylaste. Substancja ilasta wykazuje zasadniczo stały skład mineralny i jest asocjacją illitu i chlorytów (głównie klinochlor). Zawartość materiału detrytycznego (głównie kwarc, łyszczyki) jest zmienna, podobnie jak i jego uziarnienie. W spągowej części profilu występują osady typowej mikrolitofacji jasnej. W iłowcu poza typowymi składnikami mineralnymi występują węglanowe i fosforanowe szczątki organiczne, skupienia pirytu, ooidy szamozytowe oraz materia organiczna. Wyżej występują iłowce barwy brunatnoczarnej, przepełnione 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. Piryt występuje zarówno w postaci rozproszonego pigmentu, jak i większych kryształów; miejscami tworzy żyłki, niekiedy ze sfalerytem. W iłowcach widoczne są przejawy sylifikacji i mineralizacji siarczanowej (baryt, celestyn).

Litofacja piroklastyczna reprezentowana jest przez pelityczne bentonity, które występują w postaci cienkich warstewek w profilu ordowiku, w karadoku (sandb–kat). Barwa skały najczęściej jest szara. Krystaloklasty, wśród których wyróżniono: kwarc, skalenie i biotyt (miejscami schlorytyzowany), występują w zmiennych ilościach. Piryt występuje w postaci pigmentu lub skupień; węglany często tworzą skupienia. Analiza rentgenowska wykazała, że w ich skład wchodzą minerały mieszanopakietowe illit-smektyt, z przewagą illitu oraz w małych ilościach występują: kaolinit, kwarc, skalenie, węglany (kalcyt i dolomit) i piryt.

**Sylur**

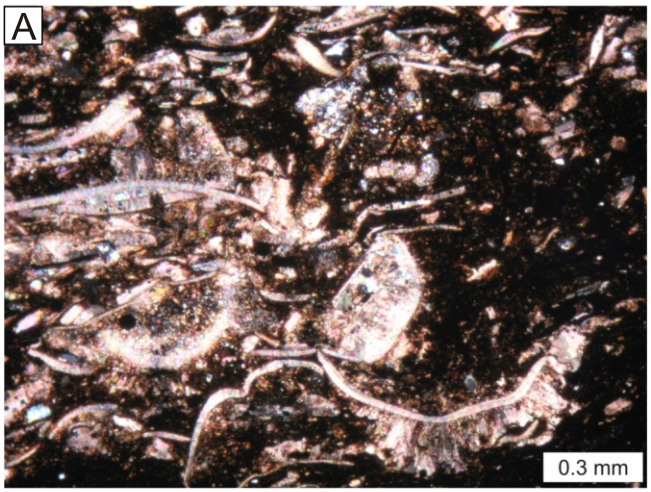
W osadach syluru, w rejonie ,obszaru przetargowego wyróżniono cztery litofacje: ilastą, mułowcową, węglanowo-marglistą i piroklastyczną.

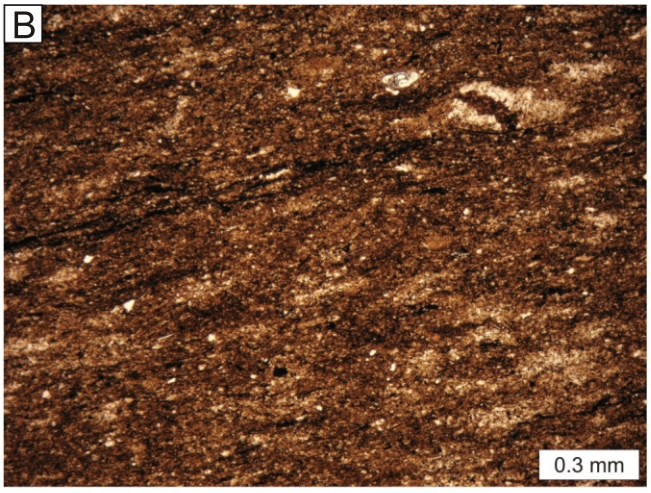
Litofacja ilasta (Fig. 2.12C. i 2.12D.) jest reprezentowana przez łupki ilaste i iłowce mikrolitofacji jasnej i ciemnej. Składają się one z pelitycznej, blaszkowatej substancji ilastej o składzie illitu (niekiedy z serycytem) i chlorytu (klinochlor), blaszek muskowitu, mułku kwarcowego, pelitu i drobnych kryształów węglanowych (kalcyt, dolomit), pigmentu i większych ziarn pirytu, pojedynczych ziarn cyrkonu i turmalinu oraz materii organicznej.

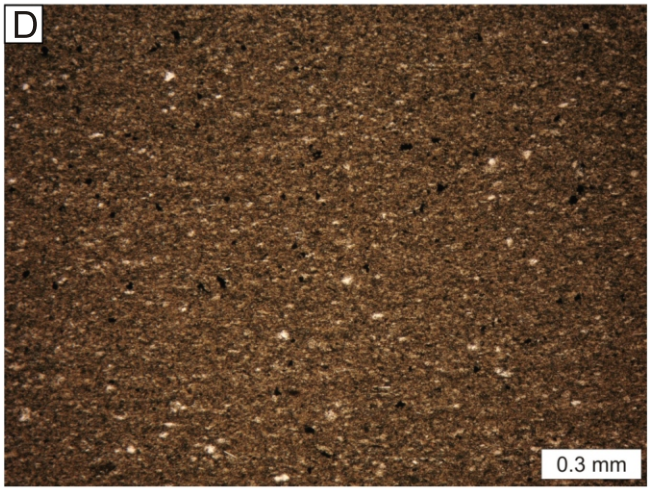
W spągu formacji z Pasłęka (landower) występują łupki ilaste i iłowce ciemne, barwy brunatnoczarnej, przepełnione substancją bitumiczną, rozmieszczoną niezbyt równomiernie w poszczególnych laminach. Powyżej dolnej granicy ludlowu wstępuje kompleks osadów składający się z łupków, iłołupków i mułowców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

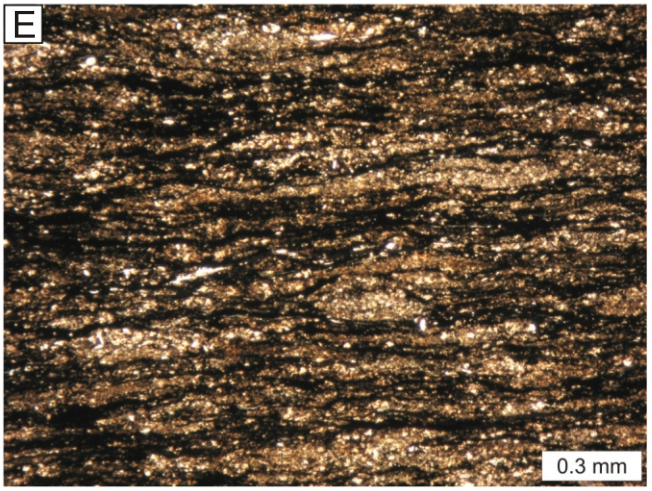
Litofacja mułowcowa (Fig. 2.12E.) jest reprezentowana przez mułowce i mułowce piaszczyste, głównie w ludlowie. Barwa skały jest srebrzysta, struktura aleurytowa, tekstura przeważnie kierunkowa (laminowana, spływowa). Głównymi składnikami skały są kwarc o ziarnach wielkości około 0,02–0,04 mm i blaszki muskowitu. Ponadto mułowce zawierają blaszki biotytu, ziarna skaleni, cyrkon, pigment pirytowy, pelityczne węglany, skupienia wodorotlenków żelaza i niewielkie ilości materii organicznej. Spoiwo mułowców jest zmienne: margliste, węglanowe i ilaste.

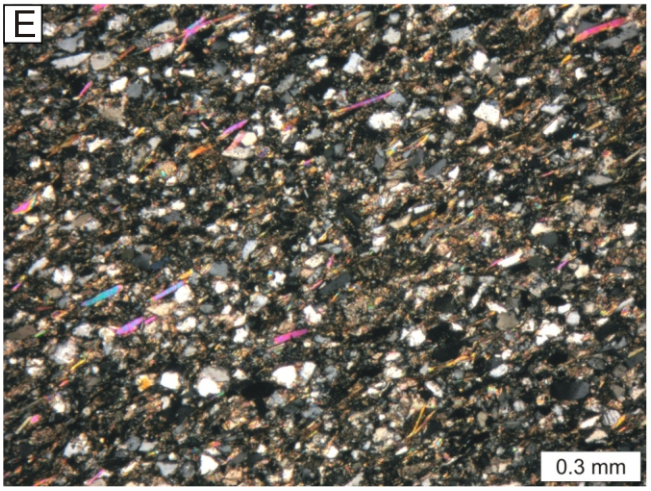
Litofacja węglanowo-marglista (Fig. 2.12F.) zazębia się z litofacją mułowcową, jak i występuje niezależnie od niej. W spągu landoweru występują ciemne, bitumiczne drobnokrystaliczne sparyty i mikryty, których struktury wskazują na pochodzenie glonowe. W stropie landoweru obserwowano zrekrystalizowany sparyt marglisty, zawierający niewielkie ilości mułku kwarcowego, substancję ilastą, wodorotlenki żelaza i pigment pirytowy. W wenloku wyróżniono margiel bitumiczny z pirytem oraz bardzo drobnokrystaliczny mikryt o znacznej zawartości materii organicznej i pigmentu pirytowego oraz



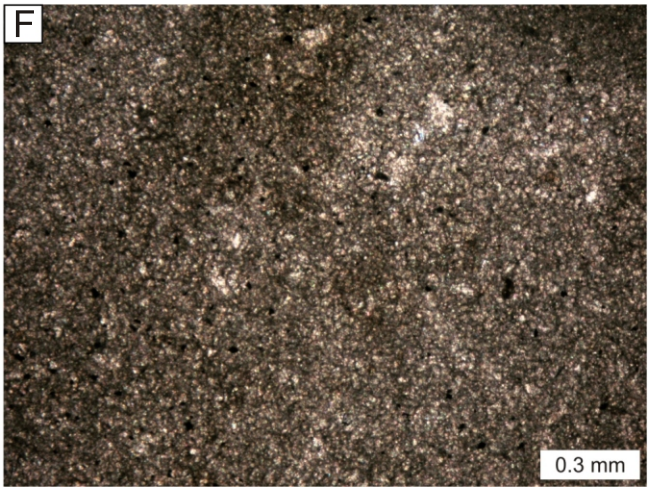




**Figura 2.12A**. Wapień mikrytowy, marglisty, organodetrytyczny o dużej zawartości materii organicznej. Otwór Kościerzyna IG 1, głęb. 4412,4 m, nikole skrzyżowane.

**Figura 2.12B**. Iłowiec mikrolitofacji jasnej. Otwór Kościerzyna IG 1, głęb. 4406,5 m, bez analizatora.

**Figura 2.12C**. Iłowiec mikrolitofacji jasnej. Otwór Kościerzyna IG 1, głęb. 4365,5 m, bez analizatora.

**Figura 2.12D**. Iłowiec mikrolitofacji ciemnej o charakterystycznej teksturze mikrolaminowej, podkreślonej równoległy ułożeniem materii organicznej. Otwór Kościerzyna IG 1, głęb. 4282,5 m, bez analizatora.

**Figura 2.12E**. Mułowiec o teksturze kierunkowej podkreślonej ułożeniem blaszek łyszyków. Otwór Kościerzyna IG 1, głęb. 4174,2 m, nikole skrzyżowane.

**Figura 2.12F**. Wapień mikrosparytowy o strukturze wskazującej na pochodzenie glonowe. Otwór Kościerzyna IG 1, głęb. 4374,7 m, nikole skrzyżowane.

niewielkiej domieszce ziarn kwarcu wielkości mułku. W spągu ludlowu występuje bardzo drobnokrystaliczny mikryt z pigmentem i większymi ziarnami pirytu oraz materią organiczną.

Litofacja piroklastyczna jest reprezentowana 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 skaleni czy cyrkonu, jest zmienna. Wyróżniono również pigment pirytowy, niewielkie skupienia węglanowe i kryształy apatytu. Analiza rentgenowska wykazała, że w bentonitach występują minerały mieszanopakietowe illit-smektyt. Zidentyfikowano również: chloryty, kaolinit, kwarc, skalenie i kalcyt.

**Podsumowanie**

**1**. Osady ordowiku nie różnią się zasadniczo od obserwowanych w innych profilach ordowiku na Niżu. W profilu otworu wiertniczego Kościerzyna IG 1 wyróżniono litofacje: glaukonitową, węglanową, ilastą (głównie wykazująca cechy mikrolitofacji jasnej) i piroklastyczną, natomiast w profilu otworu wiertniczego Lębork IG 1 litofacje: węglanowo-marglistą i 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 profilów syluru na Niżu Polskim obserwuje się prawidłowość polegającą na przewadze skał ilastych mikrolitofacji ciemnej w starszych warstwach syluru i skał mikrolitofacji jasnej - w młodszych (Langier-Kuźniarowa, 1977). W litofacji ilastej, mikrolitofacja ciemna, obfitująca w substancję bitumiczną i piryt, przeważa nad mikrolitofacją jasną w dolnych poziomach syluru m.in. w otworze Lębork IG 1 (kontynuacja warunków fizykochemicznych ordowiku w związku z ciągłością sedymentacyjną; Langier-Kuźniarowa, 2015). 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, piryt 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. Skupia się ona – wraz z pirytem – głównie w łupkach graptolitowych mikrolitofacji ciemnej, która m.in. w otworze Lębork IG 1, podobnie jak w innych zbliżonych facjalnie profilach – występuje jako przeważająca w niższych partiach profilu, następnie przewarstwia się z mikrolitofacją jasną i stopniowo ku stropowi zanika, ustępując miejscami mikrolitofacji jasnej (Langier-Kuźniarowa, 2015).

**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, skaleni i pirytu. Występowanie biotytu w prawie wszystkich poziomach piroklastycznych na Niżu jest charakterystyczne (Langier-Kuźniarowa, 2015).

**5**. W osadach ordowiku obserwowano żyłki wypełnione węglanami (kalcyt, dolomit, ankeryt), siarczanami (baryt, celestyn) oraz siarczkami (piryt, sfaleryt). W skałach sylurskich, poprzecinanych żyłkami, zidentyfikowano kalcyt i celestyn.

## 2.2. STRATYGRAFIA I LITOLOGIA UTWORÓW PERMU, MEZOZOIKU I KENOZOIKU

### PERM

**Czerwony spągowiec**

Utwory permu leżą z dużą luką stratygraficzną na utworach syluru. W czasie erozji przedpermskiej zerodowana została także znaczna część przydolu. Na zerodowanych utworach syluru leżą małej miąższości utwory czerwonego spągowca. W otworze Bytów IG 1 piaski i piaskowce popielato szare czerwonego spągowca występują na głębokości 1479,0–1481,0 m. W pobliskich otworach Lębork IG 1 i Kościerzyna IG 1 stwierdzono obecność czerwonego spągowca odpowiednio na głębokości 994,0–1027,6 m w profilu Lębork IG 1 oraz 2096,0–2097,5 m w otworze Kościerzyna IG 1. W otworze Gapowo B-1 występuje on wg danych podanych w Raporcie (op. cit.) na głębokości 1852,0–1895,0 m.

**Cechsztyn**

Zdecydowaną większość profilu cechsztynu tworzą skały cyklu PZ1. Nad utworami wapienia cechsztyńskiego wykształconymi w facji środkowej części zbiornika, o ogólnie słabych własnościach zbiornikowych i niewielkiej miąższości (9,5 m – łącznie z łupkiem miedzionośnym – w otworze Bytów IG 1 i do kilkunastu metrów w otoczeniu obszaru przetargowego), występuje seria ewaporatów o miąższości ok. 250 m; są to kolejno: anhydryt dolny (o miąższości 37,5 m w otworze Bytów IG 1 i wzrastającej do przeszło 50 m na SE i E od tego otworu), najstarsza sól kamienna (o miąższości 178 m w otworze Bytów IG 1; miąższość maleje ku SE do ok. 90 m i w mniejszym stopniu ku E) oraz anhydryt górny (o miąższości 47,5 m w otworze Bytów IG 1 i wzrastającej ku SE do ok. 80 m). Utwory anhydrytu dolnego to przede wszystkim anhydryty przekrystalizowane z pseudomorfozami po kryształach gipsu rosnących ku górze; reprezentują one środowisko głębokiej saliny. Utwory najstarszej soli kamiennej – najczęściej reprezentujące skrócone cykle sedymentacyjne A (sól równokrystaliczna) + C (pierwotna sól warstwowa) z częstym pojawianiem się wtórnego halitu typu D – powstały w lagunie solnej (Czapowski, 1987). Z chwilą wypełnienia osadami chlorkowymi Na1 basenu bocznego zachodniej części syneklizy perybałtyckiej, na całym niemal obszarze syneklizy zapanowały warunki typowe dla przybrzeżnej sebhy i powszechnie powstawały mułowce z gruzłami anhydrytu. Dominacja osadów przybrzeżnej sebhy w dolnej części anhydrytu górnego i przewaga utworów powstałych w środowisku subakwalnym w części górnej jest odzwierciedleniem transgresywnego charakteru anhydrytu górnego, którego utwory w większości powstały w strefie charakteryzującej się wyraźną dominacją warunków lagunowych i stosunkowo małymi wpływami kontynentalnymi (Peryt, 1990). Pod koniec sedymentacji anhydrytu górnego poziom morza obniżył się i znaczna część obszaru syneklizy perybałtyckiej uległa wynurzeniu. Na obszarze północnej części obszaru przetargowego, w tym w otworze Bytów IG 1, nastąpiły procesy krasowienia i intensywnej rekrystalizacji (Peryt i in., 1992).

Utwory cyklu PZ2 i PZ3 charakteryzuje obecność wielu luk stratygraficznych spowodowanych erozją śródformacyjną. Z

rekonstrukcji paleogeograficznych wynika, że obszar położony na zachód od otworu Bytów IG 1 (w także w bezpośrednim sąsiedztwie tego otworu) był w trakcie sedymentacji utworów dolomitu głównego obszarem sebhy, natomiast na obszarze położonym na E i SE trwała sedymentacja utworów (były to przede wszystkim piaski ooidowe) o miąższości przekraczającej – na SE krańcu obszaru przetargowego– 50 m), a następnie – anhydrytu podstawowego, występującego – w wyniku erozji poprzedzającej depozycję cyklu PZ3 – wyłącznie na wschodnich krańcach obszaru przetargowego (Peryt, 1986; Peryt i in., 1992). Przez analogię z obszarem położonym na północ od obszaru przetargowego można spodziewać się, że utwory dolomitu głównego uległy intensywnej cementacji anhydrytowej, w efekcie której mimo korzystnego wykształcenia facji depozycyjnych własności zbiornikowe są ogólnie słabe. Utwory PZ3 na obszarze przetargowym to szary ił solny i dolomit płytowy o łącznej miąższości 3,0 m w otworze Bytów IG-1 oraz anhydryt główny o miąższości wzrastającej od kilkunastu m w NW części obszaru przetargowego do prawie 30 m na jego SE krańcach (Peryt i in., 1992).

Profil cechsztynu kończy stropowa seria terygeniczna (o miąższości 11 m w otworze Bytów IG 1). W profilu Gapowo B-1 cechsztyn występuje na głębokości 1495,0–1852,0 m (357,0 m). Jest reprezentowany przez utwory zaliczone do czterech cyklotemów (PZ1–PZ4).

## MEZOZOIK

### Trias

Obszar przetargowy „Bytów" jest położony w północno-zachodniej części monokliny mazursko-podlaskiej, w północnej peryferyjnej strefie basenu triasowego Polski Niżowej. W obszarze nie występują osady triasu górnego ze względu na erozję skrajnie brzeżnej części basenu

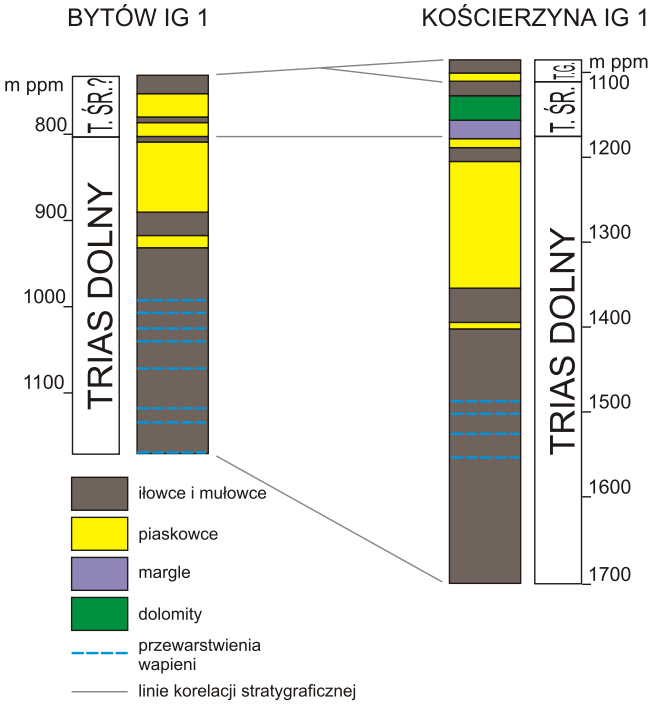



**Figura 2.13**. Schemat wykształcenia litologicznego triasu otworów Bytów IG 1 i Kościerzyna IG 1 na podstawie Szyperko-Śliwczyńskiej (1977) oraz Dadleza i in. (1982).

(Deczkowski i in., 1997; Iwanow, 1998). Miąższość systemu zawiera się w przedziale ok. 400–600 m i zwiększa się z północy na południe. Strop triasu położony jest na głębokości ok. 700–1000 m ppm i zapada również z północy na południe. Zasadniczą część systemu tworzą brunatno-czerwone i pstre osady triasu dolnego (Fig. 2.13.). Ich miąższość waha się w przedziale 300–500 m. Charakteryzuje je dwudzielne wykształcenie litologiczne. Niższą część (formacje bałtycka i pomorska) tworzą mułowce i iłowce z nielicznymi cienkimi przewarstwieniami wapieni i piaskowców oraz w najniższej części drobnymi konkrecjami anhydrytowymi. W górnej przeważają piaskowce (formacje połczyńska i górny pstry piaskowiec). Trias środkowy w otworze Bytów IG 1 wykształcony jest w postaci piaskowców i iłowców lub mułowców piaszczystych, a jego miąższość wynosi ok. 70 m. W otworze Kościerzyna IG 1, położonym kilka kilometrów na wschód od południowego skraju obszaru, trias środkowy wykształcony jest jako typowy wapień muszlowy w postaci margli, dolomitów i iłowców (Fig. 2.13.). W obszarze można zatem spodziewać się stopniowego przechodzenia facji klastycznych triasu środkowego w facje węglanowo-ilaste z północy na południe. Chronostratygrafia klastycznych osadów zalegających powyżej formacji połczyńskiej w rejonie gdańskim jest dyskusyjna (patrz np. Szyperko-Śliwczyńska, 1977; Szyperko-Teller, 1986; Szyperko-Teller & Moryc, 1988). Osady triasu deponowane były w płytkich środowiskach brzeżnej strefy laguny o obniżonym zasoleniu oraz środowiskach fluwialno-deltowych (Szyperko-Teller i in., 1997; Iwanow & Kiersnowski, 1998; Iwanow, 1998). W triasie środkowym obszar Niżu Polskiego zalewał płytki zbiornik morski. Obszar przetargowy „Bytów" reprezentuje przybrzeżną strefę tego zbiornika (Gajewska i in., 1997; Iwanow, 1998). Piaskowce wyższej części triasu dolnego (głównie formacja połczyńska) charakteryzują się słabymi własnościami kolektorskimi (Pazdro, 1977; Kudaś, 1982). W otworze Gapowo B-1 trias dolny występuje na głębokości 953,0–1495,0 m (542,0 m).

### Jura

W otworze Bytów IG 1 (jedynym otworze na obszarze przetargowym, poza otworem Gapowo B-1) utworów jury dolnej nie stwierdzono, gdyż otwór został zlokalizowany poza obszarem obecnego ich występowania. Istnieje pewne prawdopodobieństwo nawiercenia bardzo niewielkiej miąższości skał piaskowcowych w najbardziej południowo-wschodniej części obszaru, gdyż w profilu otworu Kościerzyna IG 1 (położonym na wschód od granicy obszaru), stwierdzono silnie zredukowany profil jury dolnej o miąższości 36,0 m. Obejmuje on utwory pliensbachu oraz być może część synemuru górnego, wydzielane jako formacja olsztyńska (Dadlez, 1982). Jest to profil piaskowcowy; piaskowce są drobnoziarniste, o obfitym spoiwie ilastym, słabo zwięzłe. Są to utwory o lądowej, fluwialnej genezie.

Profil jury środkowej w otworze Bytów IG 1 budują morskie utwory batonu i keloweju znajdujące się na głębokości 673,2–732,0 m (Dayczak-Calikowska, 1977). Ich miąższość wynosi tu 58,8 m. Leżą one bezpośrednio na utworach triasu środkowego, dokumentując znaczną lukę stratygraficzną, obejmującą przedział czasowy trias górny–dolny lub środkowy baton. Profil jury środkowej (typowy dla całego obszaru obniżenia bałtyckiego) jest silnie zredukowany w stosunku do centralnej części basenu. Profil rozpoczyna 7 m miąższości kompleks iłowców laminowanych pyłowcem, z przewarstwieniami żwiru w części przyspągowej. Reprezentuje on tzw. serią lądową wieku dolny lub środkowy baton. Baton górny wykształcony jest w dolnym odcinku, jako 7,4 m miąższości

kompleks ciemnoszarych mułowców z poziomem zlepieńca piaszczystego w spągu oraz liczną fauną amonitów, małży i ślimaków. Wyższy odcinek tworzy kompleks drobnoziarnistych piaskowców silnie wapnistych, przepełnionych ooidami limonitowymi, z licznym detrytem fauny. W stropie kończy go 1 m miąższości warstwa zlepieńca o spoiwie ilasto-marglistym z licznymi ooidami limonitowymi, detrytem fauny i konkrecjami syderytowymi. Przypuszczalnie ta warstwa zlepieńca odpowiada przedziałowi czasowemu najwyższy późny baton–wczesny kelowej. Nadległe utwory keloweju środkowego i górnego mają miąższość 26,3 m. Profil rozpoczyna kompleks marglisto-piaskowcowy z licznym detrytem fauny i ooidami limonitowymi. Od głęb. 692,7 m do stropu jury środkowej występuje kompleks iłowców oraz łupków, w dolnym odcinku laminowanych pyłowcem i zbioturbowanych, w górnym łupkowatych z liczną fauną amonitową i małżową.

Stropowy odcinek profilu jurajskiego o miąższości 3,8 m jest zbudowany z piaskowców drobnoziarnistych reprezentujących dolny oksford (Dembowska, 1977). Piaskowce te stanowią najniższy odcinek formacji z Chociwla. W otworze Bytów IG 1 nie stwierdzono młodszych osadów jury górnej; zostały one zerodowane przed późną kredą. Piaskowce dolnego oksfordu są przykryte bezpośrednio przez piaskowce glaukonitowe cenomanu (kreda górna). Z dużym prawdopodobieństwem można stwierdzić, że w miarę przesuwania się w kierunku wschodnim miąższość utworów oksfordu szybko wzrasta, a profil obejmuje coraz młodsze osady. W otworze Kościerzyna IG 1 profil obejmuje wiekowo cały oksford i dolny kimeryd. Oksford dolny wykształcony jest tu w postaci iłowców i mułowców. Wyżej pojawia się kompleks piaskowcowo-mułowcowy z wkładkami wapieni z detrytem fauny, przykryty następnie przez kompleks wapieni oolitowych. Utwory te reprezentują odpowiednio formację Chociwla i Brdy odpowiadające wiekowo środkowemu i górnemu oksfordowi. Profil jurajski kończą utwory dolnego kimerydu wykształcone w dolnym odcinku jako utwory mułowcowo-piaskowcowe a w górnym jako mułowcowo-margliste. Wydzielane są one łącznie jako formacja pałucka (Dembowska, 1979, baza CBDG 2015). Skały górnojurajskie w otworze Kościerzyna IG 1 stwierdzono na głębokości 838,5–1027,5 m, co wskazuje, że posuwając się ku południowemu-wschodowi od otworu Bytów IG 1 należy spodziewać się coraz głębszego ich zalegania. W otworze Gapowo B-1 piaskowce i mułowce jury występują na głębości 857,0–953,0 m (96,0 m)

### Kreda

Miąższość utworów kredy na obszarze „Bytów” waha się w granicach 350–550 m i maleje od południa ku północy. W otworze Bytów IG 1 wynosi ona 414,5 m (Jaskowiak-Schoeneichowa, 1977), a w otworze Gapowo B-1 – 534,0 m. Kreda leży niezgodnie na zdenudowanej powierzchni utworów jury górnej.

Na obszarze przetargowym występują jedynie utwory kredy górnej reprezentowanej przez piętra począwszy od cenomanu po kampan. W części południowej prawdopodobnie występują także utwory mastrychtu. Granice pomiędzy piętrami wyznaczone są umownie na podstawie korelacji z sąsiednimi obszarami, opierając się przede wszystkim na podobieństwach litologicznych i miąższościowych oraz charakterystyce petrofizycznej skał w otworach odwierconych w zachodniej części syneklizy perybałtyckiej. Skały kredy na tym obszarze są ubogie zarówno w makrofaunę, jak i mikrofaunę.

Kredę górną rozpoczynają utwory cenomanu (30–50 m miąższości) reprezentowane przez transgresywne piaskowce kwarcowo-glaukonitowe z konkrecjami fosforytowymi, przechodzące w piaski drobnoziarniste z glaukonitem. W dolnej części piaski te są mułkowate, lekko wapniste, wyżej – bardziej gruboziarniste i z mniejszą zawartością $CaCO_3$. W najwyższej części może pojawiać się warstwa glaukonitytu. Turon-niższy koniak (100–150 m) rozpoczynają ciemnoszare iłowce i mułowce margliste przechodzące w mułowce z glaukonitem, a następnie w iłowce margliste ciemnoszare. Powyżej występują mułowce z glaukonitem, ku stropowi coraz bardziej piaszczyste. Najwyższą część budują piaski bardzo drobnoziarniste kwarcowe z glaukonitem. W tym regionie, w interwale turon–niższy koniak znajdowano skamieniałości inoceramów. Wyższy koniak jest reprezentowany przez niewielkiej miąższości (20–30 m) utwory piaszczyste. Santon (60–80 m) również budują piaski kwarcowo-glaukonitowe na ogół drobnoziarniste, w których w otworze Bytów IG 1 znaleziono okaz *Actinocamax versus* Miller jednoznacznie wskazujący na santon. Kampan (120–180 m) jest reprezentowany w niższej części przez gezy wapniste z wkładkami margli, z glaukonitem i lokalnie z czertami. Wyższą część kampanu budują margle z czertami. Wiek kampański dokumentują belemnity *Belemnitella mucronata* Schlotheim.

W południowej części obszaru przetargowego prawdopodobnie występuje również mastrycht (kilkadziesiąt metrów miąższości) wykształcony w postaci margli i gez. Stropowa powierzchnia kredy jest erozyjna.

Tektonika utworów kredy górnej jest na tym obszarze spokojna; nie stwierdza się tu obecności uskoków. Warstwy leżą niemal poziomo, upady są bliskie $0^{o}$. Miąższości maleją z południa ku północy. Sekwencja osadowa kredy górnej powstała w jednym megacyklu depozycyjnym, rozpoczętym tu w cenomanie, a zakończonym w mastrychcie. Najwyższe warstwy (mastrycht, najwyższy kampan) zostały zerodowane w paleogenie. Sekwencja ta w przeważającej części jest zbudowana z utworów silikoklastycznych o zmiennej, na ogół niewielkiej, zawartości węglanu wapnia, świadczących o tym, że obszar ten w kredzie znajdował się w strefie dostawy materiału klastycznego z północy, z tarczy bałtyckiej. Jedynie w kampanie i mastrychcie występują skały o wyższej zawartości węglanu wapnia: margle i gezy, co można korelować z wysokim poziomem morza w tym czasie (Hancock, 1989) i ograniczeniem dostawy materiału terygenicznego do zbiornika z tarczy bałtyckiej.

## KENOZOIK

### Paleogen i neogen

W rejonie obszaru Bytowa profil paleogenu rozpoczyna się morskimi osadami morskimi eocenu górnego o miąższości 30 do 40 m należącymi do formacji pomorskiej. W dolnej części profilu występują osady mułowcowo-ilaste, w partii przyspągowej nieco margliste, o miąższości 10 do 12 m. Wyżej leżą drobnoziarniste piaski glaukonitowo-kwarcowe i mułki z glaukonitem, zawierające liczne okruchy bursztynu. W stropie osadów eoceńskich zalegają utwory morskie oligocenu dolnego–rupelu (*sensu stratigraphico*). Utwory te, wykształcone dość jednorodnie w postaci mułków i iłów glaukonitowych z wkładkami piasków glaukonitowo-kwarcowych, należą do formacji mosińskiej górnej, ku zachodowi przechodzą w utwory formacji rupelskiej (w sensie litofacjalnym) osiągają grubość 20 do 45 m.

Utwory neogenu (miocenu) są utworami lądowymi, leżącymi niezgodnie na morskich utworach oligocenu. Miąższość utworów neogenu 45 do 180 m. W rejonie Bytowa utwory neogenu są w dolnej partii wykształcone w postaci piasków kwarcowych z cienkimi przewarstwieniami węgla

brunatnego (formacja gorzowska). W górnej partii profilu utwory neogenu są wykształcone jako drobnoziarniste piaski kwarcowe i mułki z licznymi zawęgleniami, należące do formacji krajeńskiej. We wschodniej części rejonu wśród tych utworów występują doliny kopalne wypełnione materiałem o nieco grubszej frakcji, wśród których tkwią często uwęglone karpy i pnie drzewne. W stropie profilu neogenu występują lokalnie utwory piaszczysto-mułkowe górnego miocenu i pliocenu kilkunastometrowej miąższości (formacja z Łęczyc).

**Czwartorzęd**

Utwory czwartorzędu na obszarze przetargowym mają typowe dla Polski północnej wykształcenie litofacjalne i miąższościowe. Czwartorzęd w otworze Bytów IG 1 przewiercono bezrdzeniowo; ma on miąższość 57 m i wykształcony jest jako utwory piaszczyste, prawdopodobnie fluwioglacjalne przedzielone gliną zwałową. Miąższość czwartorzędu (piaski i żwiry) w otworze Gapowo B-1 wynosi 100,0 m.

## 2.3. TEKTONIKA

Utwory występujące w obniżeniu bałtyckim charakteryzują się brakiem większych zaburzeń tektonicznych. Nielicznie występują uskoki zrzutowe. Otwór Lębork IG 1 usytuowany jest w pobliżu jednego z nich – uskoku Ustki, który oddziela od siebie tektoniczne bloki Darłowa i Słupska (Znosko, 1998; Pokorski & Modliński, 2007; Pokorski, 2010). Skały osadowe występujące na obszarze przetargowym zalegają płasko lub są nieznacznie wychylone w kierunku południowo-zachodnim. Na wymienionym obszarze nie ma przesłanek potwierdzających jakiekolwiek zaangażowanie tektoniczne (Fig. 2.1. i 2.2.).

## 2.4. HYDROGEOLOGIA

Zgodnie z podziałem regionalnym zwykłych wód podziemnych wg. jednostek hydrogeologicznych (Paczyński & Sadurski, 2007) omawiany obszar znajduje się na pograniczu dwóch głównych jednostek: regionu pomorskiego III i wydzielonego w nim subregionu nadmorskiego $III_1$, oraz regionu mazowiecko-mazursko-podlaskiego II i wydzielonego w nim subregionu pojeziernego $II_2$. Zgodnie z podziałem wg jednostek na Jednolite Części Wód Podziemnych (JCWPd) obszar znajduje się w dwu różnych prowincjach: na północy w prowincji wybrzeża i pobrzeża Bałtyku, regionie wschodniopomorskim (RWP) oraz na południu w prowincji Wisły, regionu dolnej Wisły (RDW) i subregionie pojeziernym (SP). Całość omawianego obszaru objęta została pracami kartograficznymi w ramach realizacji następujących arkuszy Mapy hydrogeologicznej Polski (MhP) w skali 1:50 000: Bytów 0050 (Kreczko, 2002a), Pomysk Wielki 0051 (Kreczko, 2002b), Stężyca 0052 (Lidzbarski & Kozerski, 2000); Studzienice 0087 (Kreczko, 2002c) i Kościerzyna 0088 (Kreczko & Kozerski, 2000).

W rejonie obszaru „Bytów" najbardziej rozpowszechnionym i najpełniej rozpoznanym piętrem wodonośnym jest piętro czwartorzędowe, natomiast piętro trzeciorzędowe występuje lokalnie i ma znaczenie podrzędne (Malinowski, 1991). Głębsze partie górotworu nie zostały rozpoznane pod względem hydrogeologicznym. W granicach obszaru przetargowego główny użytkowy poziom wodonośny (GUPW) (odnoszący się wyłącznie do wód zwykłych, czyli słodkich), wyznaczony zgodnie z kryteriami przyjętymi dla MhP w skali 1:50 000, ma charakter ciągły. Wody podziemne występują tu powszechnie w piaszczysto-żwirowych osadach czwartorzędu pochodzenia fluwioglacjalnego oraz zastoiskowego, jak również lokalnie – w środkowej części obszaru, w utworach mioceńskich. Wszystkie utwory wodonośne piętra czwartorzędowego i trzeciorzędowego charakteryzują się wysoką zmiennością litologii i tym samym silnym zróżnicowaniem właściwości hydrogeologicznych, warunków krążenia wód i składem chemicznym (Paczyński & Sadurski, 2007).

Główne użytkowe poziomy wodonośne obszaru przetargowego „Bytów" są związane z następującymi osadami pięter czwartorzędowego i trzeciorzędowego:

- piaskami wodnolodowcowymi: sandrowymi, międzymorenowymi i podmorenowymi zlodowacenia wisły;
- piaskami wodnolodowcowymi zlodowaceń środkowopolskich (zlodowacenia warty i zlodowacenia odry), lokalnie – zlodowaceń południowopolskich;
- piaszczystymi utworami trzeciorzędu (miocenu).

W piętrze czwartorzędowym wydzielono dwa poziomy wodonośne – górny i dolny (Lidzbarski, 2000; Kreczko, 2002b, c, d). Lokalnie, w obrębie okien hydrogeologicznych, istnieje więź hydrauliczna pomiędzy dwoma poziomami i w efekcie powstaje jeden wielopoziomowy kompleks wodonośny charakteryzujący się wspólnym zasilaniem i podobnymi kierunkami drenażu.

Poziom górny występuje w osadach sandrowych i przewarstwieniach piaszczystych w obrębie glin zwałowych (utworach piaszczystych zlodowacenia wisły), a lokalnie również w piaskach wodnolodowcowych stadiału górnego zlodowacenia Warty (Lidzbarski, 2000; Kreczko, 2002b). Poziom zasilany jest głównie przez infiltrację wód opadowych z powierzchni terenu i przesączanie przez słabo przepuszczalne utwory nadkładu, natomiast drenowany przez jeziora i niewielkie cieki. Zwierciadło wód podziemnych zalega na głębokościach od około 5 do 25 m p.p.t. i ma charakter naporowy, lokalnie swobodny. Współczynnik filtracji waha się od około 10 do ponad 20 m/d. Poziom jest nieciągły, budują go piaski średnio i drobnoziarniste o średniej miąższości 10 do 25 m (Lidzbarski, 2000; Kreczko, 2002b, d).

Dolny czwartorzędowy poziom wodonośny związany jest stratygraficznie z piaskami i żwirami stadiału środkowego zlodowacenia Warty i utworami fluwioglacjalnymi zlodowacenia Odry, lokalnie osadami zlodowaceń Południowopolskich. Poziom ma charakter nieciągły, głębokość zalegania stropu warstwy zależy od morfologii terenu i waha się od około 50 do 100 m, a średnia miąższość wynosi od około 5 do około 20 m. Zwierciadło ma charakter naporowy i zalega na głębokościach od kilku do kilkunastu m. Współczynnik filtracji jet stosunkowo wysoki i wynosi zazwyczaj 10–20 m/d.

Trzeciorzędowe piętro wodonośne reprezentowane jest przez mioceński poziom wodonośny występujący w obrębie osadów mułków i iłów o słabej wodoprzepuszczalności. Jest on eksploatowany w celu zaopatrzenia ludności w wodę, lecz ma znaczenie podrzędne ze względu na ograniczenie przestrzenne do północno-zachodniej części obszaru przetargowego „Bytów" oraz niskie parametry hydrogeologiczne. Poziom zasilany jest na drodze przesączania się wód opadowych z powierzchni terenu poprzez wyżejległe, słaboprzepuszczalne utwory czwartorzędowe. Poziom budują piaski drobnoziarniste, czasem zapylone. Strop utworów wodonośnych leży średnio na głęb. około 100 m p.p.t., a miąższość warstwy wodonośnej nie została dokładnie rozpoznana. Średni współczynnik filtracji wynosi nieco ponad 1 m/d, a przewodność hydrauliczna nie przekracza 50 $m^2$/d (Kreczko, 2002b).

Skład chemiczny wód podziemnych piętra czwartorzędowego jest typowy dla płytkiego obiegu rejonów

pojeziernych Polski północnej (Lidzbarski, 2000; Kreczko, 2002b, c, d). Są to wody dwujonowe typu chemicznego $HCO_3$–Ca, słodkie, o suchej pozostałości z reguły nie przekraczającej 270 mg/dm$^3$. Lokalnie zanotowano podwyższone stężeń żelaza i manganu – powszechne w płytkich wodach podziemnych na Niżu Polskim, oraz przekroczenia zawartości azotanów i azotynów, które są wskaźnikami zanieczyszczeń pochodzenia antropogenicznego.

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zostały udokumentowane dla całego obszaru przetargowego „Bytów”. Największą część powierzchni obszaru „Bytów” pokrywają dwie hydrogeologiczne dokumentacje zasobowe – na północnym-zachodzie zlewni Słupi i Orzechowej (Biniak i in., 2002a) oraz na południowym-wschodzie dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Wdy i zlewni Mątawy (Hulboj i in., 2013). Dla całej powierzchni pierwszej z nich zasoby dyspozycyjne wynoszą 363 615 m$^3$/d wg stanu na grudzień 2011 (Pergół & Sokołowski, 2014). Ponadto na teren obszaru przetargowego występują fragmenty obszarów poniższych zasobowych dokumentacji hydrogeologicznych: na północy – zlewni Łupawy (Staśko i in., 2004), na wschodzie zlewnii Raduni i Motławy (Rodzoch i in., 2007) i Wierzycy wraz z obszarami bezpośrednich lewostronnych zlewni Wisły na odcinku od ujścia Mątawy po wodowskaz Tczew (Węgrzyn i in., 2010). Ponadto północno-zachodnia części obszaru leży na terenie głównego zbiornika wód podziemnych (GZWP). Jego krótką charakterystykę przedstawia Tab. 2.1. Zbiornik międzymorenowy Bytów nr 117 wyznaczonego dla ochrony wód podziemnych w osadach czwartorzędowych – w dolinach i utworach międzymorenowych (Biniak i in., 2002b). Szacunkowe zasoby dyspozycyjne GZWP nr 117 wynoszą 150 tys. mł/d. Na obszarze przetargowym nie wyznaczono stref ochrony pośredniej ujęć wód podziemnych.

Ze względu na charakterystyczne warunki występowania wód podziemnych na opisywanym obszarze przetargowym, w tym przede wszystkim: więź hydrauliczną pomiędzy piętrem czwartorzędowym a poziomem mioceńskim oraz brak rozpoznania hydrogeologicznego głębszych partii górotworu inwestor musi zapewnić jak najwyższą ochronę poziomów czwartorzędowych i mioceńskich w trakcie wiercenia.

Reasumując należy stwierdzić, co następuje:

- złożona budowa geologiczna omawianego terenu ma wpływ na stosunkowo skomplikowane warunki hydrogeologiczne, w tym piętrową budowę i więź hydrauliczną pomiędzy poszczególnymi piętrami;
- w efekcie istnienia łączności hydraulicznej pomiędzy piętrami powstał tu jeden wielopoziomowy kompleks wodonośny charakteryzujący się wspólnym zasilaniem i podobnymi kierunkami drenażu;
- najlepiej rozpoznane pod względem hydrogeologicznym jest piętro czwartorzędowe, piętro trzeciorzędowe na znaczenie podrzędne, a warunki zawodnienia utworów niżejległych nie zostały dostatecznie rozpoznane;
- w obrębie czwartorzędowego piętra wodonośnego występują dwa poziomy o charakterze naporowym (lokalnie swobodnym) – górny i dolny;
- w płytkich wodach podziemnych stwierdzono lokalnie podwyższone stężenia jonów żelaza i manganu oraz azotanów i azotynów – wskaźników zanieczyszczeń antropogennych;
- dla całości obszaru przetargowego wykonane zostały dokumentacje zasobowe wód podziemnych oraz dokumentacja dla ochrony głównego zbiornika wód podziemnych;
- konieczne jest dokładniejszego rozpoznania warunków hydrogeologicznych głębszych partii górotworu.

# 3. SYSTEM NAFTOWY

## 3.1. WSTĘP

W obrębie obszaru przetargowego „Bytów” rozpatrywany jest dolnopaleozoiczny, niekonwencjonalny system naftowy typu *continuous play*, w którym rolę skał macierzystych, jak i zbiornikowych odgrywają mułowce i iłowce syluru i ordowiku. Górnokambryjskie łupki formacji z Piaśnicy – tzw. łupki ałunowe – wzbogacone w materię organiczną, mogą osiągać maksymalną miąższość rzędu kilku metrów na obszarze „Bytów”, dlatego nie są brane pod uwagę jako skały macierzyste w omawianym systemie naftowym. Skały wyższego syluru dużej miąższości stanowiące bezpośredni nadkład oraz cechsztyńskie ewaporaty postrzega się jako skały uszczelniające system naftowy. W obrębie obszaru przetargowego „Bytów” nie należy wykluczyć także możliwości istnienia drugoplanowego, konwencjonalnego systemu naftowego, składającego się z środkowo- i dolnokambryjskich piaskowców – stanowiących potencjalną skałę zbiornikową, kambryjskich wkładek mułowcowo-ilastych oraz nadległych mułowców i iłowców sylursko-ordowickich stanowiących poziomy macierzyste, oraz mułowców i iłowców sylursko-ordowickich, jak i ewaporatów cechsztyńskich – pełniących funkcję skał uszczelniających (Fig. 3.1.).

## 3.2. SKAŁA MACIERZYSTA

### 3.2.1. ANALIZA GEOCHEMICZNA MATERII ORGANICZNEJ METODĄ ROCK-EVAL

W obrębie profilu utworów dolnego paleozoiku w południowo-zachodniej części obniżenia bałtyckiego (syneklizy perybałtyckiej) występuje kilka interwałów skał wzbogaconych w materię organiczną (TOC > 0,5% wag.), które można uznać za skały macierzyste. Materia organiczna rozproszona w utworach dolnego paleozoiku jest reprezentowana głównie przez zooklasty (np. graptolity, chitinozoa), algi i stałe bituminy. Nisko przeobrażone skały macierzyste dolnego paleozoiku mają charakterystykę geochemiczną ropotwórczego kerogenu typu II, która w wyniku wysokiego przeobrażenia termicznego wykazuje geochemiczną charakterystykę kerogenu typu III lub IV. Dystrybucja materii organicznej w obrębie omawianych

**Tabela 2.1. Podstawowa charakterystyka hydrogeologiczna głównego zbiornika wód podziemnych GZWP Nr 117 Bytów**

| Numer zbiornika | Nazwa zbiornika | Wiek utworów | Szacunkowe zasoby dyspozycyjne [tys. mł/dobę] | Średnia głębokość ujęć [m] |
|---|---|---|---|---|
| 117 | Zbiornik międzymorenowy Bytów | $Q_{DM}$ | 150 | 10–50 |

$Q_{DM}$ – utwory czwartorzędu w dolinach i utworach międzymorenowych

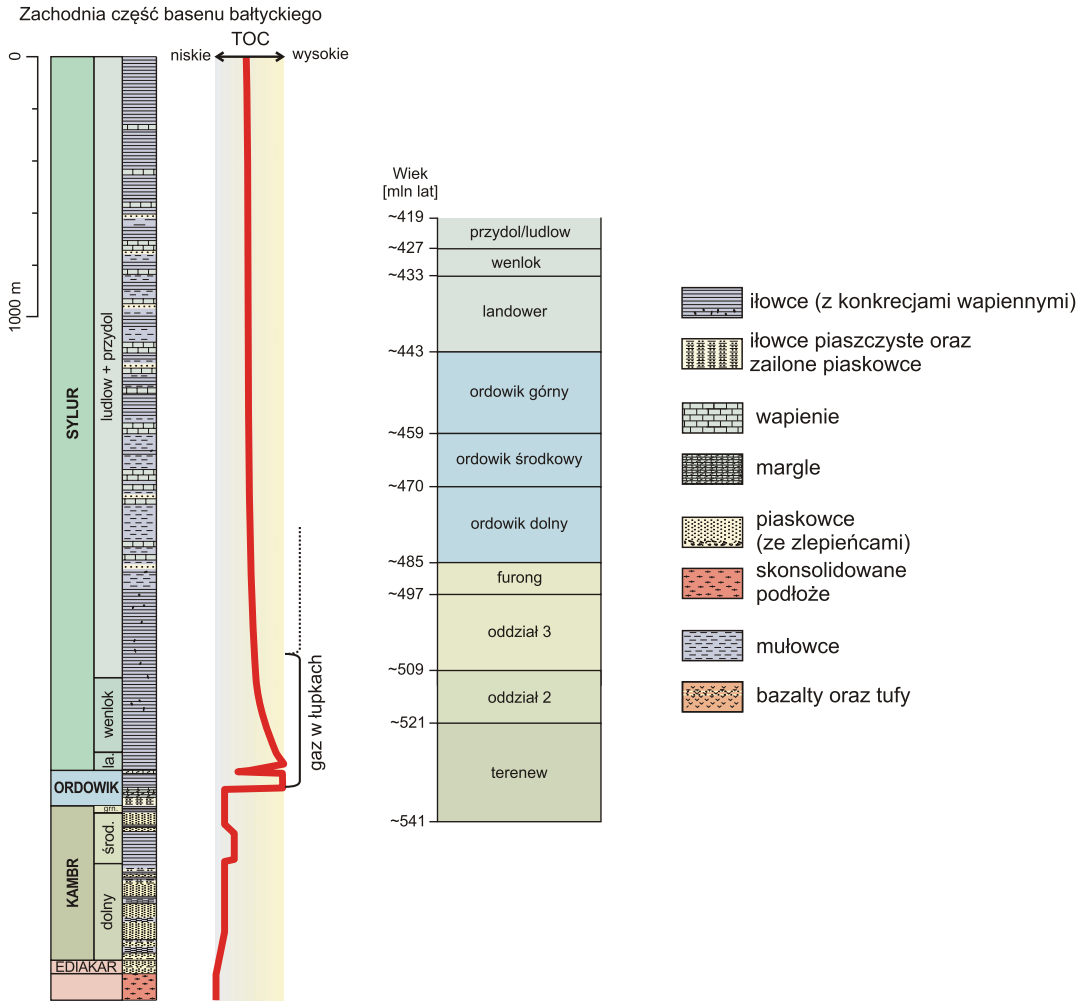
ZESTAWIENIE STREF I SKAŁ MACIERZYSTYCH DLA ROPY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO

| OKRES | POZIOM SKAŁ MACIERZYSTYCH OSADY | STREFY O NAJWIĘKSZYM POTENCJALE GENERACYJNYM | TYP KEROGENU ILOŚĆ WĘGLA ORGANICZNEGO $C_{ORG}$ % | STOPIEŃ PRZEOBRAŻENIA TERMICZNEGO DOJRZAŁOŚĆ MATERII ORGANICZNEJ $R_O$ % | CYKLE POWSTANIA I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW | | | SKAŁY ZBIORNIKOWE TYP PUŁAPKI |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | GENERACJA | MIGRACJA | AKUMULACJA | |
| CZWARTORZĘD | | | | | | | | |
| TRZECIORZĘD | | | | | | | | |
| KREDA | kreda dolna | | | | | | | |
| JURA | malm – marglisto-ilaste serie kimerydu i portlandu<br>dogger – serie ilaste | | | | ? | | | |
| TRIAS | wapień muszlowy i kajper dolny – osady węglanowo-ilaste | | | | OOGG | ? | | |
| PERM GÓRNY | cechsztyn dolomit główny – utwory węglanowe | | | | | | | |
| PERM DOLNY | | | | | | | | |
| KARBON GÓRNY | seria mułowcowo-ilasta z wkładkami węglistymi | | | | ZOGR/OOGG | | | |
| KARBON DOLNY | seria mułowcowo-ilasta | | | | ? | | | |
| DEWON | dewon – utwory marglisto-węglanowe | | | | OOGR | ? | | |
| SYLUR | sylur – iłowce i mułowce | centralna część syneklizy perybałtyckiej | 0,02–10,2 sapropelowy, macerały witrynitopodobne | 0,68–2,3 | | | 7 | łupki |
| ORDOWIK | ordowik – iłowce i mułowce | centralna część syneklizy perybałtyckiej | 0,01–7,0 sapropelowy, macerały witrynitopodobne | 0,99–4,2 | | | 7 | łupki |
| KAMBR | kambr śr. – wkładki ilaste | centralna część syneklizy perybałtyckiej | 0,01–5,8 sapropelowy, macerały witrynitopodobne | 0,71–4,1 | | ? | 3 | piaskowce |
| EDIAKAR | | | | | | | | |

PROWINCJE NAFTOWE
1. WIELKOPOLSKA
2. POMORSKA
3. GDAŃSKA
4. LUBELSKA I MAZOWIECKA
5. MAŁOPOLSKA
   5a. Przedgórze Karpat
   5b. Karpaty fliszowe
6. ŚLĄSKA
7. „PAS ŁUPKOWY”

konwencjonalne pułapki węglowodorów
niekonwencjonalne pułapki węglowodorów
ZOGG – zamknięcie okna generacji gazu
OOGG – otwarcie okna generacji gazu
ZOGR – zamknięcie okna generacji ropy
OOGR otwarcie okna generacji ropy
wtórna migracja ropy lub gazu (czas i kierunek)
pierwotna migracja ropy lub gazu związana z fazą generacji (czas i kierunek)
remigracja ropy lub gazu w systemie
objawy ropy naftowej
objawy gazu ziemnego
akumulacja ropy
akumulacja gazu
system generacyjny

**Figura 3.1**. Systemy naftowe rozpatrywane na obszarze przetargowym „Bytów”.




Wiek wg International Chronostratigraphic Chart (2012)
(International Commission on Stratigraphy, www.stratigraphy.org)

**Figura 3.2**. Uproszczony profil litostratygraficzny dolnego paleozoiku w południowo-zachodniej części syneklizy perybałtyckiej wraz z pozycją łupków wzbogaconych w substancję organiczną i potencjalnie zawierających gaz ziemny i/lub ropę naftową w łupkach (na podstawie Poprawy, 2010a, zmienione).

utworów nie jest równomierna. Fig. 3.2. przedstawia generalny trend rozkładu zawartości materii organicznej w obrębie profilu dolnego paleozoiku. Całkowita zawartość materii organicznej, wyrażona wskaźnikiem TOC (ang. Total Organic Carbon), wzrasta w dolnej części profilu, osiągając najwyższe wartości w spągowej części skał wenloku, spągowej części skał landoweru (ogniwo iłowców bitumicznych Jantaru) oraz skał karadoku (sandbu i katu; formacja z Sasina).

W obrębie obszaru przetargowego „Bytów” wykonano dwa głębokie otwory wiertnicze, przewiercające utwory dolnego paleozoiku: otwór wiertniczy Bytów IG 1 oraz otwór wiertniczy Gapowo B-1/1A. Niestety, otwór Bytów IG 1 nawiercił jedynie stropową część skał sylurskich, obejmującą utwory przydolu i ludlowu, a więc utwory nieperspektywiczne pod względem występowania węglowodorów. W otworze Bytów IG 1 opróbowano potencjalne poziomy zbiornikowe w utworach górnego syluru, cechsztynu, jury i górnej kredy. Opróbowane poziomy nie wykazały nasycenia węglowodorami, a jedyne objawy węglowodorów zaobserwowano w postaci silnego zapachu w anhydrytach i dolomitach cechsztynu na głębokości 1431,0–1455,8 m (Pazdro, 1977). Dane geologiczne z otworu Gapowo B-1/1A, zakończonego w utworach kambru, nie są w większości dostępne publicznie w czasie przygotowywania pakietu przetargowego, dlatego na potrzeby scharakteryzowania elementów omawianego systemu naftowego wykorzystano dane geologiczne pochodzące z dwóch otworów wiertniczych sąsiadujących z obszarem przetargowym „Bytów”: Lębork IG 1 i Kościerzyna IG 1 (Fig. 3.3.). Otwory te są zlokalizowane na NW oraz SW od obszaru przetargowego, a pochodzące z nich dane geologiczne wydają się dobrze charakteryzować skały wchodzące w skład systemu naftowego na obszarze „Bytów”.

Wyniki opisywanych poniżej badań geochemicznych materii organicznej TOC oraz badań petrofizycznych zostały wykonane w latach 2013–2015 w ramach tematu PIG-PIB pn. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I” finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Raport obejmujący szczegółowe wyniki badań będzie dostępny w 2016 r. w Narodowym Archiwum Geologicznym (NAG) PIG-PIB.

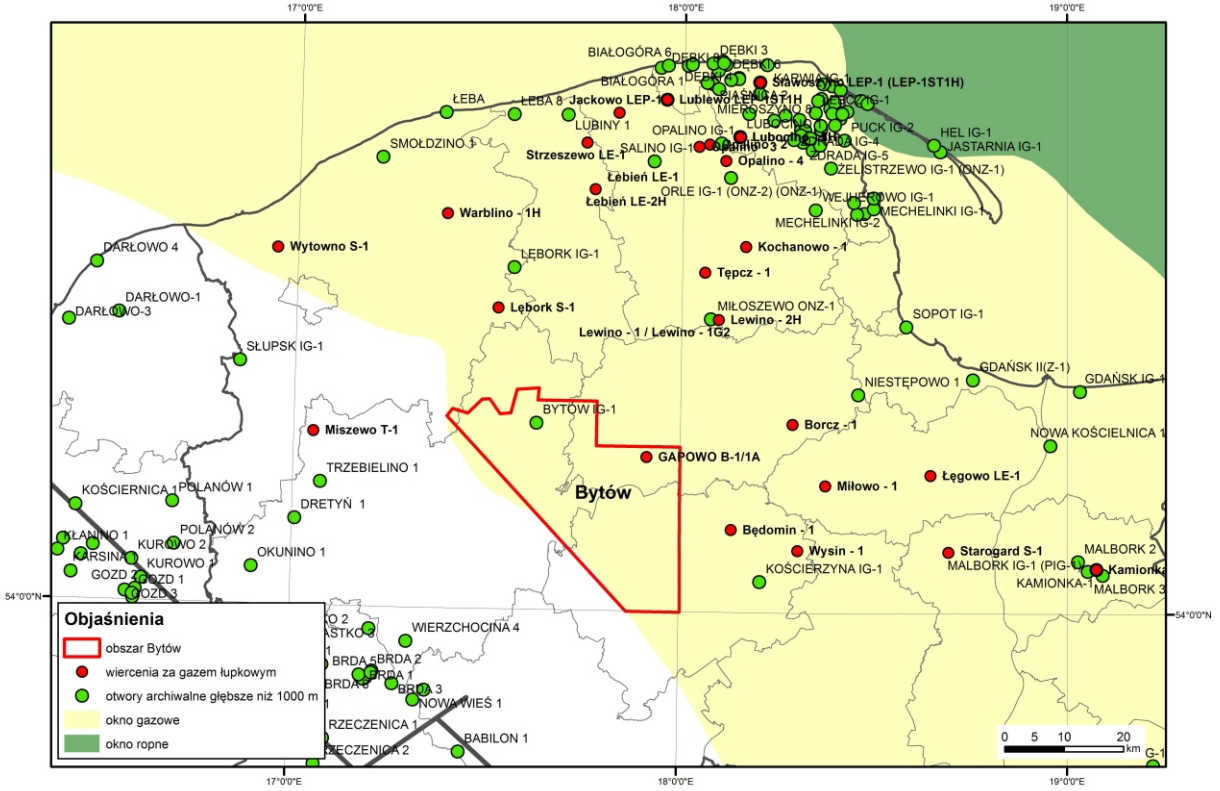



**Figura 3.3**. Lokalizacja otworów poszukiwawczych za „gazem łupkowym" oraz otworów archiwalnych w południowo-zachodniej części syneklizy perybałtyckiej na tle przypuszczalnych faz generowania odpowiadających tzw. oknu ropnemu (kolor zielony) i oknu gazowemu (kolor żółty). Mapa wygenerowana przez M. Jasionowskiego.

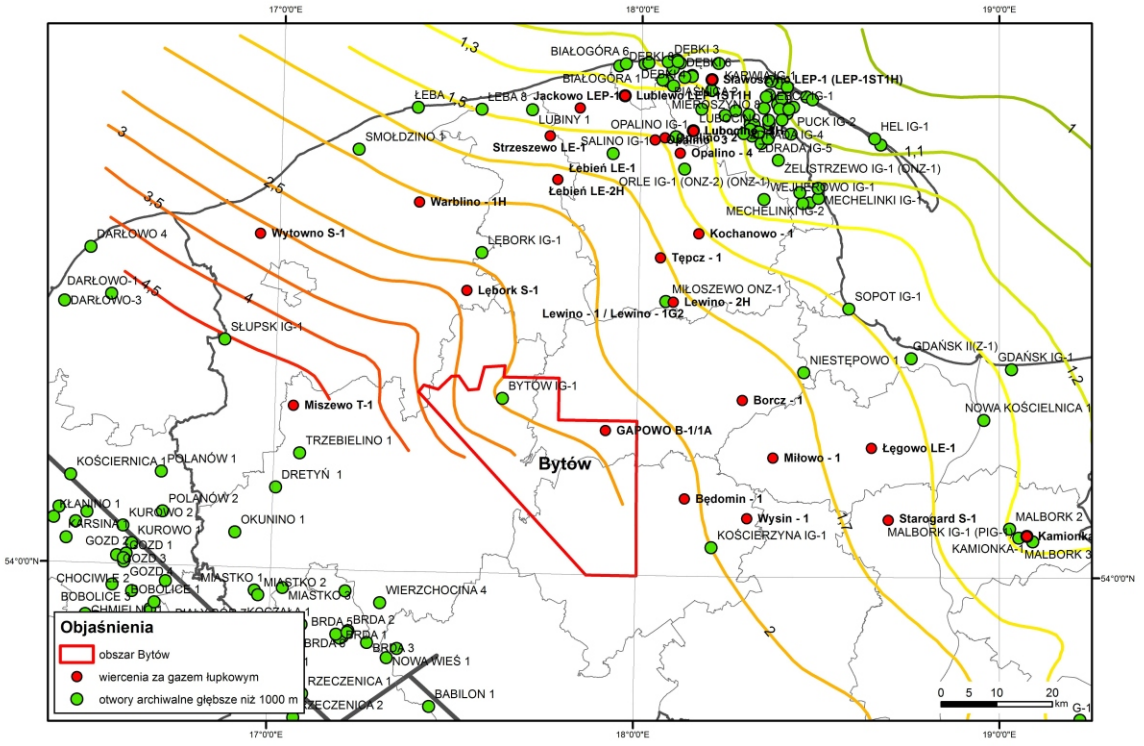



**Figura 3.4**. Lokalizacja otworów poszukiwawczych za „gazem łupkowym" oraz otworów archiwalnych w południowo-zachodniej części syneklizy perybałtyckiej na tle izolinii wyznaczających dojrzałość termiczną materii organicznej rozproszonej w utworach landoweru. Mapa wygenerowana przez M. Jasionowskiego, na podstawie Poprawy (2010a).

Analizy geochemiczne materii organicznej pirolityczną metodą Rock-Eval są wstępną, geochemiczną metodą badania potencjalnych skał macierzystych i zbiornikowych dla węglowodorów, stosowaną na całym świecie od kilku dekad. Analiza pirolityczna 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. i 3.2.).

Gapowo B-1/1A

Prezentacja upubliczniona przez firmę BNK Petroleum, Inc. (2014) podaje, że w otworze wiertniczym Gapowo B-1/1A, w obrębie najbardziej perspektywicznego interwału obejmującego utwory dolnego syluru i ordowiku, całkowita zawartość materii organicznej, wyrażona przez wskaźnik TOC waha się w przedziale 1,1–4,2% i przyjmuje średnią wartość w wysokości 2,5% (nie jest znana metoda analityczna dzięki, której uzyskano te wyniki oraz metoda uśrednienia wartości).

Lębork IG 1

Analizy TOC w ramach tematu pn. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I” w otworze wiertniczym Lębork IG 1 obejmowały utwory przydolu, ludlowu, wenloku, landoweru oraz górnego i środkowego ordowiku (aszgilu, karadoku i lanwirnu = hirnantu, katu, sandbu, darriwilu).

Skały przydolu zostały nawiercone w otworze na głębokości 1027,6–?1068,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0,27% wag. do 0,32% wag. (TOC; mediana – 0,29% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, wahają się w przedziale 0,12–0,19 mg HC/g skały (mediana – 0,13 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony parametr *S*2, wynosi od 0,42 mg HC/g skały do 0,58 mg HC/g skały (mediana – 0,43 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI- wynosi od 148 mg HC/g TOC do 184 mg HC/g TOC (mediana – 160 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 433°C do 436°C (mediana – 435°C), wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego początkowej fazie generowania ropy. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory przydolu za niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.3.

Skały ludlowu zostały nawiercone w otworze na głęb. ?1068,0–3062,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0,07% wag. do 0,45% wag. (TOC; mediana – 0,15% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0,02–0,26 mg HC/g skały (mediana – 0,04 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0,05 mg HC/g skały do 0,81 mg HC/g skały (mediana – 0,09 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI wynosi od 27 mg HC/g TOC do 216 mg HC/g TOC (mediana – 74 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 324°C do 506°C (mediana – 455°C), wskazując, że materia organiczna rozproszona w tych utworach znajduje się na stopniu przeobrażenia termicznego odpowiadającego strefie przejściowej między fazą generowania ropy, a fazą generowania gazów mokrych i kondensatów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2, przez co interpretowana dojrzałość termiczna może być zaniżona). Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory ludlowu za skały niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.3.

Skały wenloku zostały nawiercone w otworze na głębokości 3062,0–3248,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0,05% wag. do 2,07% wag. (TOC; mediana – 0,68% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0,01–0,65 mg HC/g skały (mediana – 0,08 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0,06 mg HC/g skały do 0,87 mg HC/g skały (mediana – 0,15 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI– wynosi od 11 mg HC/g TOC do 231 mg HC/g TOC (mediana – 26 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 292°C do 584°C (mediana – 316°C) i nie pozwalają na jedno-

**Tabela 3.1. Parametry mierzone podczas analizy Rock-Eval 6.**

| Mierzone parametry | Jednostka | Nazwa |
|---|---|---|
| *S*1 | mgHC/g skały | wolne węglowodory |
| *S*2 | mgHC/g skały | węglowodory generowane w wyniku pirolizy – rezydualny potencjał węglowodorowy |
| *TpS*2 | °C | temperatura maksymalnej powierzchni piku *S*2 |
| *S*3 | mg$CO_2$/g skały | $CO_2$ związane z materią organiczną |
| *S*3’ | mg$CO_2$/g skały | $CO_2$ związane z materią mineralną |
| *TpS*3’ | °C | temperatura maksymalnej powierzchni piku *S*3’ |
| *S3*CO | mgCO/g skały | CO związane z materią organiczną |
| *TpS3*CO | °C | temperatura maksymalnej powierzchni piku *S3*CO |
| *S3*’CO | mgCO/g skały | CO związane z materią organiczną i materią mineralną |
| *S4*$CO_2$ | mg$CO_2$/g skały | $CO_2$ związane z materią organiczną |
| *S5* | mg$CO_2$/g skały | $CO_2$ związane z materia mineralną |
| *TpS5* | °C | temperatura maksymalnej powierzchni piku S5 |
| *S4*CO | mgCO/g skały | CO związane z materią organiczną |

**Tabela 3.2. Wskaźniki obliczone na podstawie parametrów pomierzonych podczas analizy pirolitycznej Rock-Eval 6.**

| Obliczone wskaźniki | Jednostka | Formuła | Nazwa |
|---|---|---|---|
| $T_{max}$ | °C | *TpS2*– $T_{max}$ | $T_{max}$ – temperatura maksymalnego generowania węglowodorów |
| PI | | *S1*/(*S1* + *S2*) | wskaźnik generowania |
| PC | % wag. | [(*S1* + *S2*)*0,83] + [*S3*12/44] + [(*S3*CO + *S3*'CO/2)*12/28]/10 | węgiel organiczny podatny na proces pirolizy |
| RC CO | % wag. | (*S4*CO*12/28)/10 | węgiel organiczny rezydualny (CO) |
| RC CO2 | % wag. | (S4$CO_2$*12/44)/10 | węgiel organiczny rezydualny ($CO_2$) |
| RC | % wag. | RC CO + RC CO2 | węgiel organiczny rezydualny |
| TOC | % wag. | PC + RC | całkowita zawartość węgla organicznego |
| HI | mg HC/g TOC | (*S2*100)/TOC | wskaźnik wodorowy |
| OI | mg $CO_2$/g TOC | (*S3*100)/TOC | wskaźnik tlenowy |
| OI CO | mg CO/g TOC | (*S3*CO*100)/TOC | indeks tlenowy (CO) |
| pyroMINC | % wag. | [(S3'*12/44) + (*S3*'CO*12/56)]/10 | zawartość węgla mineralnego pirolitycznego |
| oxiMINC | % wag. | (*S5*12/44)/10 | zawartość węgla mineralnego oksydacyjnego |
| MINC | % wag. | pyroMINC + oxiMINC | węgiel mineralny |

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

| | przydol | | | ludlow | | | wenlok | | | landower | | | aszgil | | | karadok | | | lanwirn | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do |
| *S1* | 0,13 | 0,12 | 0,19 | 0,04 | 0,02 | 0,26 | 0,08 | 0,01 | 0,65 | 0,09 | 0,02 | 0,55 | 0,16 | 0,03 | 0,44 | 0,17 | 0,04 | 1,5 | 0,26 | 0,16 | 0,28 |
| *S2* | 0,43 | 0,42 | 0,58 | 0,09 | 0,05 | 0,81 | 0,15 | 0,06 | 0,87 | 0,24 | 0,09 | 0,83 | 0,33 | 0,11 | 0,59 | 0,36 | 0,12 | 1,78 | 0,46 | 0,31 | 0,63 |
| $T_{max}$ | 435 | 433 | 436 | 455 | 324 | 506 | 316 | 292 | 584 | 436 | 298 | 476 | 466,5 | 294 | 610 | 443 | 302 | 588 | 437,5 | 431 | 452 |
| HI | 160 | 148 | 184 | 74 | 27 | 216 | 26 | 11 | 231 | 49 | 16 | 307 | 51,5 | 29 | 275 | 41 | 11 | 267 | 132,5 | 107 | 559 |
| OI | 260 | 237 | 286 | 152 | 59 | 394 | 35 | 14 | 365 | 45 | 6 | 399 | 64 | 11 | 345 | 37 | 6 | 238 | 84 | 58 | 629 |
| PI | 0,23 | 0,22 | 0,25 | 0,27 | 0,2 | 0,39 | 0,36 | 0,17 | 0,59 | 0,28 | 0,15 | 0,53 | 0,29 | 0,2 | 0,6 | 0,32 | 0,18 | 0,55 | 0,35 | 0,31 | 0,43 |
| TOC | 0,29 | 0,27 | 0,32 | 0,15 | 0,07 | 0,45 | 0,68 | 0,05 | 2,07 | 0,5 | 0,05 | 2,93 | 0,37 | 0,14 | 1,58 | 0,59 | 0,06 | 6,2 | 0,25 | 0,08 | 0,59 |
| RC | 0,21 | 0,19 | 0,22 | 0,13 | 0,05 | 0,41 | 0,65 | 0,03 | 1,94 | 0,47 | 0,03 | 2,86 | 0,32 | 0,08 | 1,49 | 0,55 | 0,04 | 5,91 | 0,2 | 0 | 0,5 |
| PC | 0,08 | 0,07 | 0,09 | 0,02 | 0,01 | 0,12 | 0,03 | 0,01 | 0,14 | 0,09 | 0,02 | 0,11 | 0,05 | 0,02 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,29 | 0,07 | 0,05 | 0,09 |
| MINC | 1,41 | 0,49 | 1,57 | 1,05 | 0,33 | 9,04 | 1,1 | 0,08 | 10,01 | 0,43 | 0,07 | 3,68 | 2,04 | 0,52 | 7,64 | 0,71 | 0,03 | 1,39 | 5,83 | 0,17 | 9,41 |

*S1*, *S2*, $T_{max}$, HI, OI, PI, TOC, RC, PC, MINC dla objaśnienia patrz Tab. 3.1 i 3.2.

znaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S2*). Materia organiczna rozproszona w utworach wenloku w otworze Lębork IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów mokrych i kondensatów lub fazie generowania gazów suchych). Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory wenloku za skały macierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.3.

Skały landoweru zostały nawiercone w otworze na głębokości 3248,0–3273,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w utworach wynosi od 0,05% wag. do 2,93% wag. (TOC; mediana – 0,5% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S1*, zawierają się w przedziale 0,02-0,55 mg HC/g skały (mediana – 0,09 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S2*, wynosi od 0,09 mg HC/g skały do 0,83 mg HC/g skały (mediana – 0,24 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 16 mg HC/g TOC do 307 mg HC/g TOC (mediana – 49 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 298°C do 476°C (mediana – 436°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S2*). Materia organiczna rozproszona w utworach landoweru w otworze Lębork IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów mokrych i kondensatów lub fazie generowania gazów suchych). Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory landoweru za dobre skały macierzyste o wyczerpanym dziś w znacznym stopniu potencjale węglowodorowym, co nie wyklucza

perspektywiczności występowania w nich węglowodorów gazowych. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.3.

Skały aszgilu (górny kat i hirnant) zostały nawiercone w otworze na głębokości 3273,0–3281,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0,14% wag. do 1,58% wag. (TOC; mediana – 0,37% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0,03–0,44 mg HC/g skały (mediana – 0,16 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0,11 mg HC/g skały do 0,59 mg HC/g skały (mediana – 0,33 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 29 mg HC/g TOC do 275 mg HC/g TOC (mediana – 51,5 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 294°C do 610°C (mediana – 466,5°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2). Materia organiczna rozproszona w utworach aszgilu w otworze Lębork IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów mokrych i kondensatów lub fazie generowania gazów suchych). Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać spągowe utwory aszgilu za skały macierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.3.

Skały karadoku (sandbu i dolnego katu) zostały nawiercone w otworze na głębokości 3281,0–3303,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0,06% wag. do 6,2% wag. (TOC; mediana – 0,59% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0,04–1,5 mg HC/g skały (mediana – 0,17 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0,12 mg HC/g skały do 1,78 mg HC/g skały (mediana – 0,36 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 11 mg HC/g TOC do 267 mg HC/g TOC (mediana – 41 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 302°C do 588°C (mediana – 443°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2). Materia organiczna rozproszona w utworach karadoku w otworze Lębork IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów mokrych i kondensatów lub fazie generowania gazów suchych). Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory karadoku za najlepsze skały macierzyste, obok utworów landoweru, występujące w obrębie profilu dolnego paleozoiku otworu Lębork IG 1. Skały te cechuje jednak znaczne wyczerpanie potencjału węglowodorowego związane z wysokim stopniem przeobrażenia termicznego, co nie wyklucza perspektywiczności występowania w nich węglowodorów gazowych. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.3.

Skały lanwirnu (darriwilu) zostały nawiercone w otworze na głębokości 3303,00–3310,00 m. Całkowita zawartość materii organicznej w utworach lanwirnu wynosi od 0,08% wag. do 0,59% wag. (TOC; mediana – 0,25% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0,26–0,28 mg HC/g skały (mediana – 0,26 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0,31 mg HC/g skały do 0,63 mg HC/g skały (mediana – 0,46 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 107 mg HC/g TOC do 559 mg HC/g TOC (mediana – 132,5 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 431°C do 452°C (mediana – 437,5°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2). Materia organiczna rozproszona w utworach lanwirnu w otworze Lębork IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów mokrych i kondensatów lub fazie generowania gazów suchych). Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory lanwirnu za słabej jakości skały macierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.3.

Kościerzyna IG 1

Analizy geochemiczne w ramach tematu pn. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I" w otworze wiertniczym Kościerzyna IG 1 obejmowały utwory przydolu, ludlowu, wenloku, landoweru, aszgilu i karadoku.

Skały przydolu zostały nawiercone w otworze na głębokości 2097,5–2179,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0,14% wag. do 0,19% wag. (TOC; mediana – 0,17% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, wahają się w przedziale 0,01–0,03 mg HC/g skały (mediana – 0,02 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0,02 mg HC/g skały do 0,1 mg HC/g skały (mediana – 0,06 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 14 mg HC/g TOC do 52 mg HC/g TOC (mediana – 33 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 372°C do 436°C (mediana – 404°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2). Materia organiczna rozproszona w utworach przydolu w otworze Kościerzyna IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie ropnym. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory przydolu za niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.4.

Skały ludlowu zostały nawiercone w otworze na głębokości 2179,0–4005,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0% wag. do 0,29% wag. (TOC; mediana – 0,15% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr S1, zawierają się w przedziale 0–0,12 mg HC/g skały (mediana – 0,02 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0 mg HC/g do 0,25 mg HC/g skały (mediana – 0,05 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 7 mg HC/g TOC do 116 mg HC/g TOC (mediana – 40 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 334°C do 450°C (mediana – 440°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek

**Tabela 3.4. Wyniki geochemiczne materii organicznej metodą Rock-Eval w otworze Kościerzyna IG 1.**

| | przydol | | | ludlow | | | wenlok | | | landower | | | aszgil | | | karadok | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do | mediana | od | do |
| S1 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0 | 0,12 | 0,04 | 0 | 0,14 | 0,08 | 0,01 | 0,37 | 0,07 | 0,03 | 0,14 | 0,08 | 0 | 0,19 |
| *S*2 | 0,06 | 0,02 | 0,1 | 0,05 | 0 | 0,25 | 0,09 | 0 | 0,16 | 0,15 | 0 | 0,64 | 0,16 | 0,1 | 0,19 | 0,19 | 0,02 | 0,62 |
| $T_{max}$ | 404 | 372 | 436 | 440 | 334 | 450 | 425 | 288 | 513 | 361 | 294 | 605 | 432 | 325 | 490 | 488 | 312 | 605 |
| HI | 33 | 14 | 52 | 40 | 7 | 116 | 13 | 0 | 208 | 39 | 0 | 266 | 110 | 14 | 215 | 21 | 1 | 84 |
| OI | 109 | 68 | 150 | 44 | 0 | 201 | 24 | 0 | 279 | 20,5 | 0 | 168 | 83 | 16 | 211 | 9 | 0 | 55 |
| PI | 0,38 | 0,25 | 0,5 | 0,37 | 0,17 | 50 | 0,4 | 0,18 | 1 | 0,32 | 0,14 | 0,54 | 0,34 | 0,16 | 0,42 | 0,25 | 0,13 | 0,5 |
| TOC | 0,17 | 0,14 | 0,19 | 0,15 | 0 | 0,29 | 0,58 | 0 | 1,69 | 0,35 | 0,03 | 4,34 | 0,12 | 0,07 | 1,42 | 0,78 | 0,22 | 3,24 |
| RC | | 0 | 0 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,57 | 0,05 | 1,67 | 0,33 | 0,02 | 4,29 | 0,1 | 0,05 | 1,39 | 0,77 | 0,2 | 3,18 |
| PC | 0,01 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0,03 | 0,02 | 0 | 0,03 | 0,02 | 0 | 0,09 | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0 | 0,06 |
| MINC | | 0 | 0 | 3,99 | 3,99 | 3,99 | 1,18 | 0,75 | 9,04 | 0,51 | 0,17 | 5,94 | 1,96 | 0,3 | 8,47 | 0,52 | 0,25 | 5,24 |

*S*1, *S*2, $T_{max}$, HI, OI, PI, TOC, RC, PC, MINC dla objaśnienia patrz Tab. 3.1 i 3.2.

skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku S2). Materia organiczna rozproszona w utworach ludlowu w otworze Kościerzyna IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie ropnym w górnej części profilu i tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów mokrych i kondensatów lub fazie generowania gazów suchych) w dolnej części profilu. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory ludlowu za skały niemacierzyste. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.4.

Skały wenloku zostały nawiercone w otworze na głębokości 4005,0–4328,8 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0% wag. do 1,69% wag. (TOC; mediana – 0,58% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0–0,14 mg HC/g skały (mediana – 0,04 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0 mg HC/g skały do 0,16 mg HC/g skały (mediana – 0,09 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 0 mg HC/g TOC do 208 mg HC/g TOC (mediana – 13 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 288°C do 513°C (mediana – 425°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2). Materia organiczna rozproszona w utworach wenloku w otworze Kościerzyna IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów mokrych i kondensatów lub fazie generowania gazów suchych). Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory wenloku za słabej jakości skały macierzyste o - w znacznym stopniu – wyczerpanym potencjale węglowodorowym. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.4.

Skały landoweru zostały nawiercone w otworze na głębokości 4328,8–4394,0 m. Całkowita zawartość materii organicznej w utworach wynosi od 0,03% wag. do 4,34% wag. (TOC; mediana – 0,35% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0,01–0,37 mg HC/g skały (mediana – 0,08 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0 mg HC/g skały do 0,64 mg HC/g skały (mediana – 0,15 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 0 mg HC/g TOC do 266 mg HC/g TOC (mediana – 39 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 294°C do 605°C (mediana – 361°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2). Materia organiczna rozproszona w utworach landoweru w otworze Kościerzyna IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów suchych) lub jest w fazie przejrzałej termicznie. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory landoweru za dobre skały macierzyste o wyczerpanym dziś w znacznym stopniu potencjale węglowodorowym, co nie wyklucza perspektywiczności występowania w nich węglowodorów gazowych. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.4.

Skały aszgilu (górnego katu i hirnantu) zostały nawiercone w otworze na głębokości 4394,0–4398,7 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0,07% wag. do 1,42% wag. (TOC; mediana – 0,12% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0,03–0,14 mg HC/g skały (mediana – 0,07 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0,1 mg HC/g skały do 0,19 mg HC/g skały (mediana – 0,16 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 14 mg HC/g TOC do 215 mg HC/g TOC (mediana – 110 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 325°C do 490°C (mediana – 432°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2). Materia organiczna rozproszona w utworach aszgilu w otworze Kościerzyna IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów suchych) lub jest w fazie przejrzałej termicznie. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać część profilu utworów aszgilu za słabej jakości skały macierzyste. Pozostałe wyniki chara-

teryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.4.

Skały karadoku (sandbu i dolnego katu) zostały nawiercone w otworze na głębokości 4398,7–4413,5 m. Całkowita zawartość materii organicznej w tych utworach wynosi od 0,22% wag. do 3,24% wag. (TOC; mediana – 0,78% wag.). Wolne węglowodory występujące w tych skałach, wyrażone przez parametr *S*1, zawierają się w przedziale 0–0,19 mg HC/g skały (mediana – 0,08 mg HC/g skały), a rezydualny potencjał węglowodorowy, wyrażony jako parametr *S*2, wynosi od 0,02 mg HC/g skały do 0,62 mg HC/g skały (mediana – 0,19 mg HC/g skały). Potencjał węglowodorowy, wyrażony przez wskaźnik wodorowy – HI – wynosi od 1 mg HC/g TOC do 84 mg HC/g TOC (mediana – 21 mg HC/g TOC). Wartości wskaźnika $T_{max}$ oscylują w granicach od 312°C do 605°C (mediana – 488°C) i nie pozwalają na jednoznaczne określenie dojrzałości termicznej materii organicznej tych utworów (wyniki $T_{max}$ są niedoskonałym narzędziem dla celu określenia dojrzałości termicznej wysoce przeobrażonych próbek skalnych ze względu na dwu- i trójmodalny kształt rozkładu ich piku *S*2). Materia organiczna rozproszona w utworach karadoku w otworze Kościerzyna IG 1 znajduje się prawdopodobnie w tzw. oknie gazowym (fazie generowania gazów suchych) lub jest w fazie przejrzałej termicznie. Powyższe parametry i wskaźniki geochemiczne pozwalają uznać utwory karadoku za najlepsze skały macierzyste, obok utworów landoweru, występujące w obrębie profilu dolnego paleozoiku otworu Kościerzyna IG 1. Skały te cechuje jednak znaczne wyczerpanie potencjału węglowodorowego związane z wysokim stopniem przeobrażenia termicznego, co nie wyklucza perspektywiczności występowania w nich węglowodorów gazowych. Pozostałe wyniki charakteryzujące materię organiczną rozproszoną w tych utworach zostały przedstawione w Tab. 3.4.

Dojrzałość termiczna materii organicznej na obszarze przetargowym „Bytów”

Wieloletnie badania dojrzałości termicznej materii organicznej rozproszonej w utworach dolnego paleozoiku syneklizy perybałtyckiej wykonane przez Grotek (1999) sugerują, że najbardziej perspektywiczne utwory dolnego syluru i górnego ordowiku mogą znajdować się w fazie przejrzałej względem generowania węglowodorów (>2% $R_o$), która nie wyklucza możliwości występowania gazu ziemnego w przestrzeni porowej lub w postaci zaadsorbowanej na materii organicznej i minerałach ilastych w omawianych formacjach łupkowych (Fig. 3.4.). Firma BNK Petroleum, Inc. upubliczniła mapę dojrzałości termicznej materii organicznej rozproszonej w utworach dolnego syluru i ordowiku, z której wynika, że obszar przetargowy „Bytów” może znajdować się na nieco niższym stopniu przeobrażenia termicznego względem badań archiwalnych, lokując niemal cały obszar przetargowy w fazie generowania gazu suchego (tzw. okno gazowe; <2% $R_o$). Pozostała część obszaru może znajdować się w strefie przejściowej pomiędzy końcową fazą generowania gazu suchego, a początkiem fazy przejrzałej (>2% $R_o$).

### 3.2.2. CHARAKTERYSTYKA PETROGRAFICZNA ROZPROSZONEJ MATERII ORGANICZNEJ

Bytów IG 1

Ilaste osady syluru (ludlow, przydol) z interwału głębokości 1506,9–2563,0 m zawierają ubogi materiał organiczny (0,20–0,30% planimetrowanej powierzchni próbki) reprezentowany głównie przez materiał witrynitopodobny (zooklasty – graptolity oraz nieliczne stałe bituminy).

Dojrzałość termiczna badanych osadów wzrasta wraz z głębokością pogrążenia i odpowiada, w stropowych partiach ludlowu oraz w przydolu, późnej fazie generowania ropy naftowej przy średniej wartości refleksyjności materiału witrynitopodobnego (1,07–1,10% Ro). Utwory ludlowu zalegające poniżej 2141 m znajdują się w fazie generowania kondensatów oraz mokrych gazów przy średniej refleksyjności 1,13–1,23% $R_o$.

**Tabela 3.5. Bytów IG 1 – analiza mikroskopowa materii organicznej.**

| Wiek | Głębokość [m] | $R_o$ [%] | Graptolity [%] | Inert | Zawartość MO [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| Spr | 1506,9 | 1,07 | 0,20 | 0,10 | 0,30 |
| Sld | 1814,8 | 1,10 | 0,30 | ślady | 0,30 |
| Sld | 1922,0 | 1,10 | 0,20 | | 0,20 |
| Sld | 2141,0 | 1,13 | 0,20 | 0,10 | 0,30 |
| Sld | 2206,3 | 1,14 | 0,20 | ślady | 0,20 |
| Sld | 2394,5 | 1,15 | 0,20 | | 0,20 |
| Sld | 2399,9 | 1,19 | 0,20 | 0,10 | 0,30 |
| Sld | 2468,2 | 1,22 | 0,20 | | 0,20 |
| Sld | 2502,2 | 1,23 | 0,20 | 0,10 | 0,30 |
| Sld | 2563,0 | 1,23 | 0,20 | | 0,20 |

Z powodu niskiej zawartości materii organicznej analizowany kompleks osadów (ludlow–przydol) uznać należy za bardzo słabe skały macierzyste dla generowania węglowodorów.

Ze względu na brak rozpoznania utworów dolnego syluru, na obszarze „Bytów” przeanalizowano pod kątem możliwości generacyjnych profile osadów dolnego paleozoiku w najbliżej położonych otworach wiertniczych: Lębork IG 1 oraz Kościerzyna IG 1.

Lębork IG 1

Kompleks osadów syluru (przydol–landower) z interwału głębokości 1045,8–3268,5 m oraz ordowiku (kat) z głębokości 3279,9–3291,5 m zawiera zmienną ilość materii organicznej reprezentowanej głównie przez szczątki graptolitów, stałe bituminy oraz niezbyt liczny i występujący jedynie w stropowych (słabiej przeobrażonych) partiach ludlowu, materiał algowy.

Zawartość składników organicznych, w utworach syluru, waha się od 0,20 do 1,10% planimetrowanej próbki, a w osadach ordowiku (kat) od 0,40 do 1,40%.

Najuboższe w materię organiczną są stropowe partie ludlowu, wenloku oraz ordowiku. Pewne wzbogacenie (0,70–1,10 i 1,40%) obserwuje się jedynie w pojedynczych poziomach ludlowu, wenloku, landoweru oraz ordowiku (kat).

Dojrzałość termiczna, określona średnią wartością refleksyjności materiału witrynitopodobnego, osadów ordowiku i syluru wzrasta znacznie wraz z głębokością pogrążenia i wiekiem, od 0,80% $R_o$ w stropie utworów ludlowu do 2,20% $R_o$ w landowerze i 2,10–2,30% $R_o$ w osadach ordowiku (kat).

Dane te wskazują na przejście od głównej fazy generowania ropy naftowej w utworach przydolu i ludlowu (głęb. 1045,8–2356,0 m) przez fazę generowania kondensatów i mokrych gazów (głęb. 2572,7–2809,1 m) po fazę generowania gazów w osadach ordowiku, landoweru, wenloku i spągowych partiach ludlowu (głęb. 3052,5–3291,5 m).

W analizowanym profilu utworów starszego paleozoiku za średnie skały macierzyste dla generowania:

- ropy naftowej uznać można pojedyncze poziomy ludlowu, w interwale głębokości 1569,7–2356,0 m;
- kondensatów i gazów mokrych, osady ludlowu z głębokości 2572,7–2809,1 m;

– gazów – pojedyncze poziomy ordowiku (głęb. 3291,5 m), całego landoweru oraz wenloku (głęb. 3171,5 m oraz 3219,5–3080,7 m).

Kościerzyna IG 1

Kompleks osadów syluru (przydol, ludlow, wenlok, landower) z interwału głębokości 2113,0–4382,0 m oraz ordowiku (kat) z głębokości 4406,5–4412,4 m zawiera zmienną, niezbyt wysoką ilość materii organicznej reprezentowanej głównie przez szczątki graptolitów oraz stałe bituminy.

Zawartość składników organicznych, w utworach syluru, waha się od ilości śladowej do 1,30% planimetrowanej próbki, natomiast w osadach ordowiku (kat) od 0,60 do 1,50%. Najuboższe w materię organiczną są osady przydolu oraz stropowe partie ludlowu i wenloku. Pewne wzbogacenie (0,70–1,30%) obserwuje się jedynie w pojedynczych poziomach wenloku, landoweru oraz ordowiku (kat). Dojrzałość termiczna, określona średnią wartością refleksyjności materiału witrynitopodobnego osadów ordowiku i syluru wzrasta wyraźnie wraz z głębokością pogrążenia i wiekiem, od 1,00% $R_o$ w utworach przydolu do 1,93% $R_o$ w osadach ordowiku.

Dane te wskazują na przejście od późnej fazy generowania ropy naftowej w utworach przydolu i ludlowu (głęb. 2113,0–2350,7 m) przez fazę generowania kondensatów i mokrych gazów w osadach ludlowu (głęb. 2433,0–3214,5 m) po fazę generowania gazów w osadach ordowiku, landoweru, wenloku i spągowych partiach ludlowu (głęb. 3644,0–4412,4 m).

W analizowanym profilu utworów starszego paleozoiku za dobre skały macierzyste dla generowania gazu uznać można pojedyncze poziomy landoweru oraz górnego ordowiku natomiast za średnie skały macierzyste dla generowania gazu pojedyncze poziomy wenloku. Większość badanych osadów starszego paleozoiku wykazuje jedynie słabe możliwości generowania węglowodorów głównie ze względu na niską zawartość materii organicznej (poniżej 0,50%).

### 3.2.3. CHARAKTERYSTYKA GEOCHEMICZNA MATERII ORGANICZNEJ

Otwór Bytów IG 1

W otworze Bytów IG 1 przebadano utwory syluru górnego (ludlow, przydol). Utwory zawierają małą ilość węgla organicznego (0,2–0,3%), co określa je jako ubogie skały dla generowania węglowodorów (Fig. 3.5.).

W utworach tych występuje mała ilość bituminów (śr. 0,012%; Fig. 3.5.). Bituminy są przeobrażone (CPI = ok. 1,00 wg Kotarba i in., 1994). Wyższa zawartość bituminów wydzielona z utworów ludlowu ma charakter epigenetycznych z osadem (Gondek, 1980).

Otwór Kościerzyna IG 1

Utwory ordowiku (karadok) zawierają małą ilość węgla organicznego, śr. 0,35% (0,1–0,59%). Ilość bituminów jest mała – 0,005% (Fig. 3.6. i 3.7.). Dane wykazują, że bituminy są przeobrażone (CPI – 1,00).

| Stratygrafia | śr. C org. % | ilość próbek | max. C org. % | min. C org % |
|---|---|---|---|---|
| sylur (przydol) | 0,3 | 2 | 0,3 | 0,3 |
| sylur (ludlow) | 0,2 | 6 | 0,2 | 0,2 |

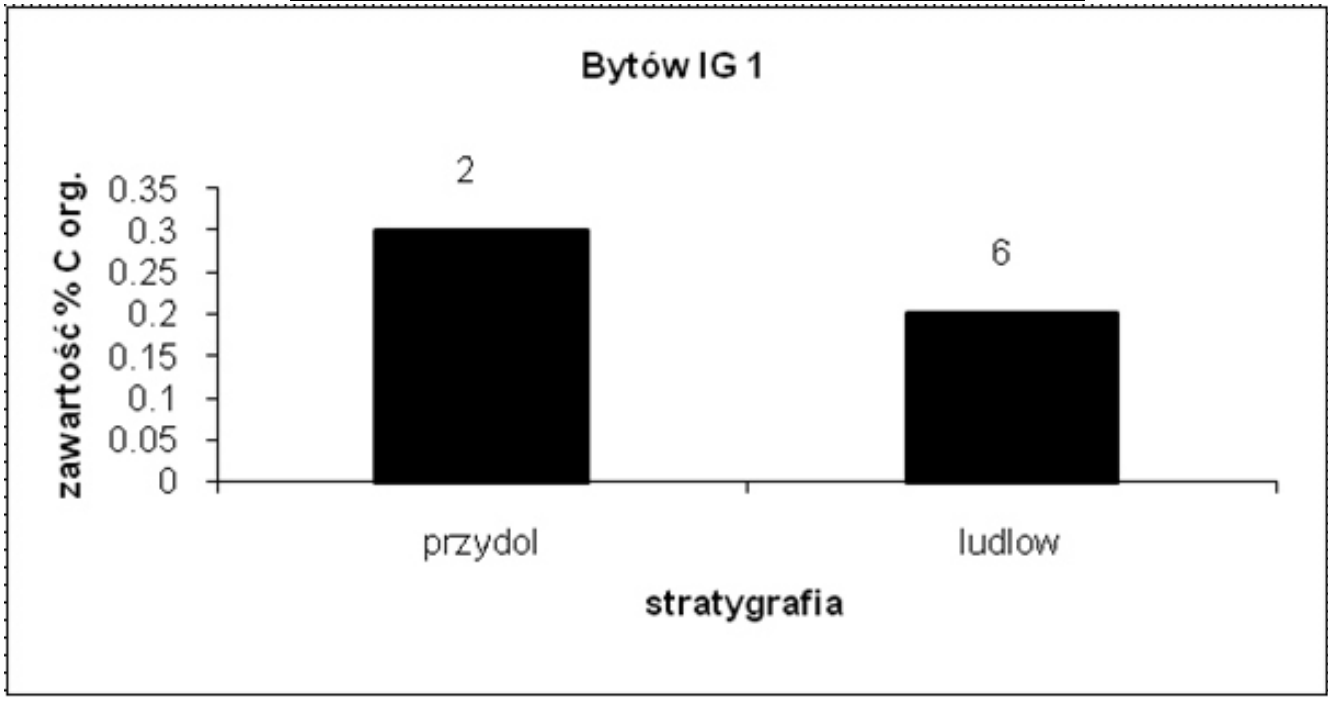



**Figura 3.5**. Średnia zawartość węgla organicznego (C org. %) w otworze Bytów IG 1.

| Stratygrafia | śr. C org. % | ilość próbek | max. C org. % | min. C org % |
|---|---|---|---|---|
| sylur (ludlow) | 0,36 | 48 | 0,8 | 0,1 |
| sylur (wenlok) | 0,83 | 7 | 1,24 | 0,5 |
| sylur (landower) | 1,71 | 5 | 2,44 | 0,83 |
| ordowik (aszgil – grn. kat i hirnant) | 0,5 | 1 | 0,5 | 0,5 |
| ordowik (karadok – sandb i dln. kat) | 0,35 | 2 | 0,1 | 0,69 |

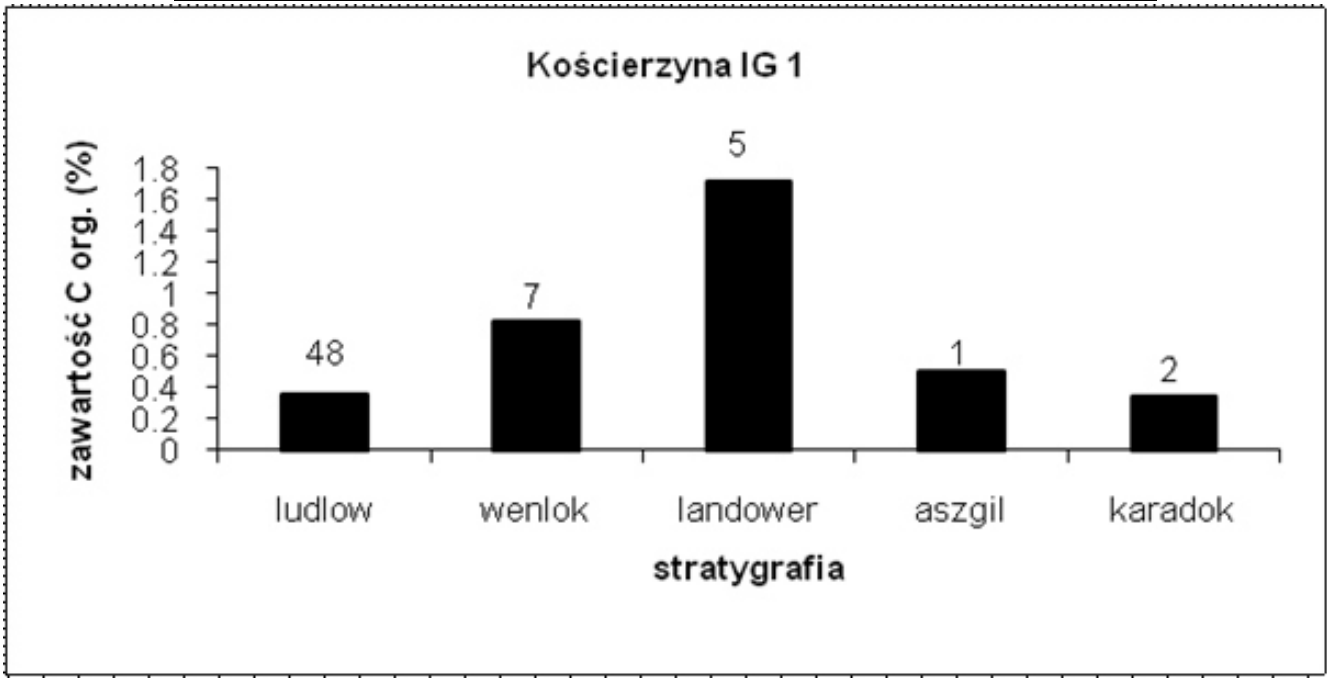



**Figura 3.6**. Średnia zawartość węgla organicznego (C org. %) w otworze Kościerzyna IG 1.

| Stratygrafia | śr % bitum. | ilość próbek | max. % bitum. | min. % bitum. |
|---|---|---|---|---|
| sylur (ludlow) | 0,012 | 46 | 0,038 | 0,002 |
| sylur (wenlok) | 0,008 | 7 | 0,012 | 0,003 |
| sylur (landower) | 0,011 | 5 | 0,023 | 0,003 |
| ordowik (aszgil – grn. kat i hirnant) | 0,002 | 1 | 0,002 | 0,002 |
| ordowik (karadok – sandb i dln. kat) | 0,005 | 2 | 0,003 | 0,002 |

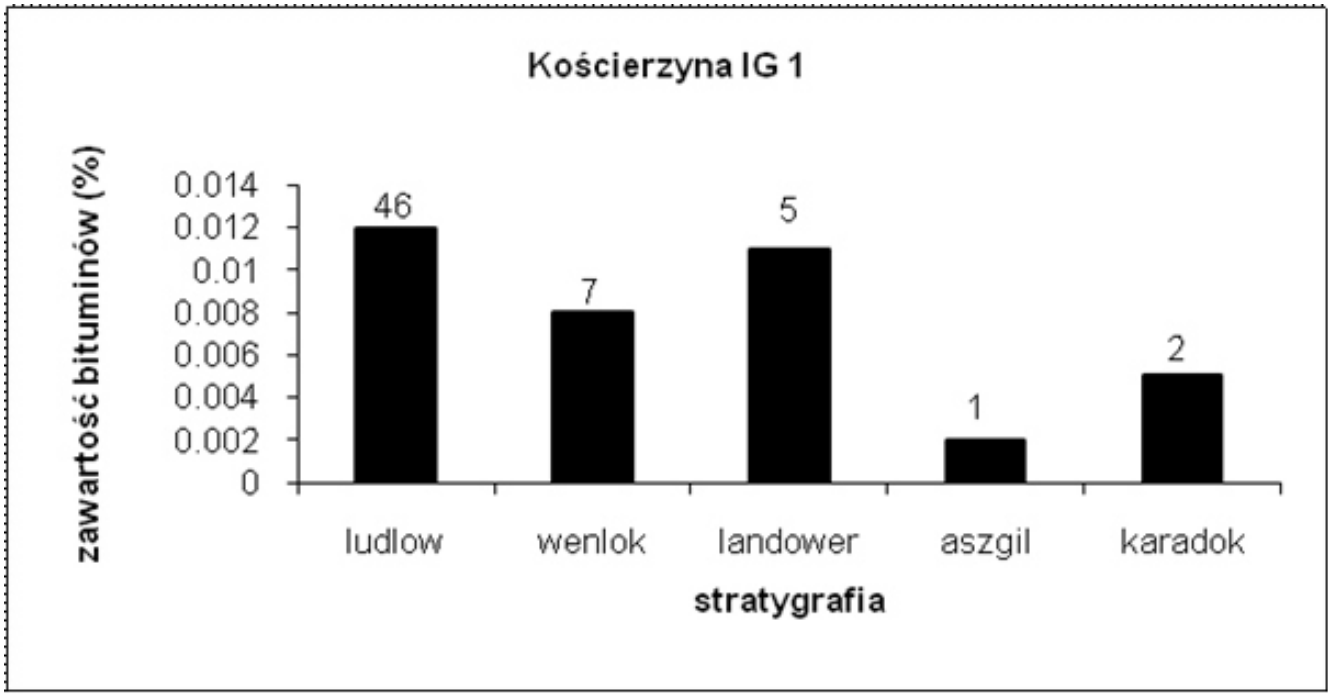



**Figura 3.7**. Średnia zawartość % wag. bituminów w otworze Kościerzyna IG 1.

Utwory górnego ordowiku (aszgil) zawierają 0,5% C org. Ilość bituminów w tych utworach jest śladowa. Utwory ordowiku w tym otworze są ubogie dla generowania węglowodorów.

Utwory dolnego syluru (landower) zawierają średnio 0,71% węgla organicznego (0,83–2,44%). Ilość bituminów jest mała (0,003–0,023%; Fig. 3.6. i 3.7.). Zawartość węglowodorów w bituminach jest niewysoka (ok. 30%), a w nich jest bardzo znaczna przewaga węglowodorów nasyconych nad aromatycznymi.

Utwory wenloku zawierają mniejszą ilość węgla organicznego niż utwory podległe (0,50–1,24%). Ilość bituminów w tych utworach jest mała (0,003–0,012%). Udział węglowodorów w bituminach jest niewysoki (ok. 30%); w składzie węglowodorów dominują związki nasycone.

Utwory ludlowu zawierają średnio 0,36% węgla organicznego (0,10–0,80%; Fig. 3.6. i 3.7.).

Utwory te nie są dobrymi skałami macierzystymi dla generowania węglowodorów. Zawartość bituminów w tych utworach jest nieduża (0,002-0,038%). Udział węglowodorów w bituminach jest zróżnicowany od 26 do 60%. W składzie węglowodorów dominują węglowodory nasycone nad aromatycznymi.

Otwór Lębork IG 1

W wapieniu z środkowego ordowiku – darriwilu (lanwirn) występuje nieduża ilość węgla organicznego 0,41% i bardzo mała ilość bituminów (0,002%; Fig. 3.8. i 3.9.).

W wyżej położonych utworach ordowiku (sandb) (karadok) zawartość węgla organicznego jest znaczna (0,95%), natomiast bardzo mała jest zawartość bituminów (0,002%) (Fig. 3.8. i 3.9.).

Mułowcowo-ilaste utwory górnego ordowiku (kat) zawierają zróżnicowaną ilość węgla (1,90% i 0,74%). Zróżnicowana jest także zawartość bituminów wynosi 0,014% lub 0,002%.

W utworach dolnego syluru średnia zawartość węgla organicznego wynosi 0,54% (min. 0,51%, max. 0,60%). Niska jest zawartość składników labilnych (0,002–0,011%). Badania bituminów występujących w podwyższonej nieznacznie zawartości wykazały, iż składają się one z małej ilości węglowodorów. W składzie węglowodorów przeważają węglowodory nasycone

| Stratygrafia | śr. C org. % | ilość próbek | max. C org. % | min. C org % |
|---|---|---|---|---|
| sylur (ludlow) | 0,57 | 183 | 1,27 | 0,01 |
| sylur (wenlok) | 0,96 | 10 | 1,15 | 0,62 |
| sylur (landower) | 0,54 | 3 | 0,6 | 0,51 |
| ordowik (kat) | 1,32 | 2 | 1,9 | 0,74 |
| ordowik (sandb) | 0,95 | 1 | 0,95 | 0,95 |
| ordowik (darriwil) | 0,41 | 1 | 0,41 | 0,41 |

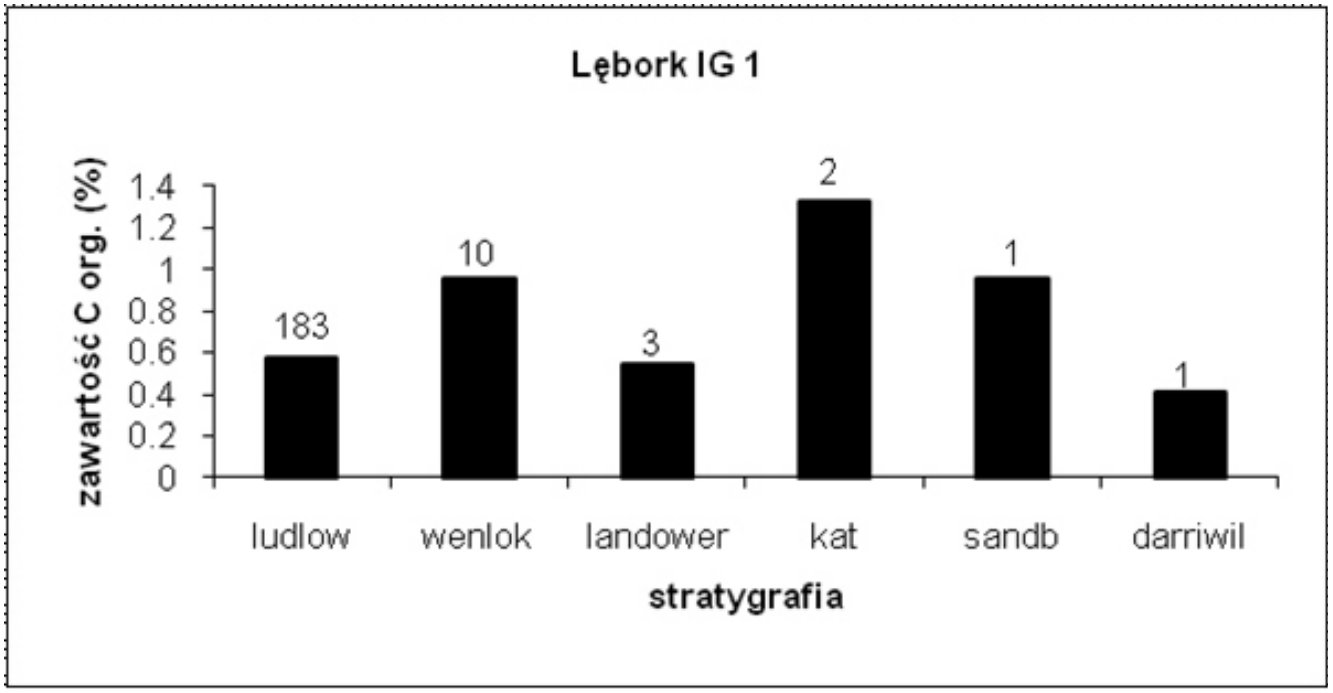



**Figura 3.8**. Średnia zawartość węgla organicznego (C org. %) w otworze Lębork IG 1.

| Stratygrafia | śr % bitum. | ilość próbek | max. % bitum. | min. % bitum. |
|---|---|---|---|---|
| sylur (ludlow) | 0,013 | 183 | 0,346 | 0,0001 |
| sylur (wenlok) | 0,002 | 10 | 0,003 | 0,001 |
| sylur (landower) | 0,007 | 3 | 0,011 | 0,003 |
| ordowik (kat) | 0,007 | 2 | 0,014 | 0,002 |
| ordowik (sandb) | 0,002 | 1 | 0,002 | 0,002 |
| ordowik (darriwil) | 0,002 | 1 | 0,002 | 0,002 |

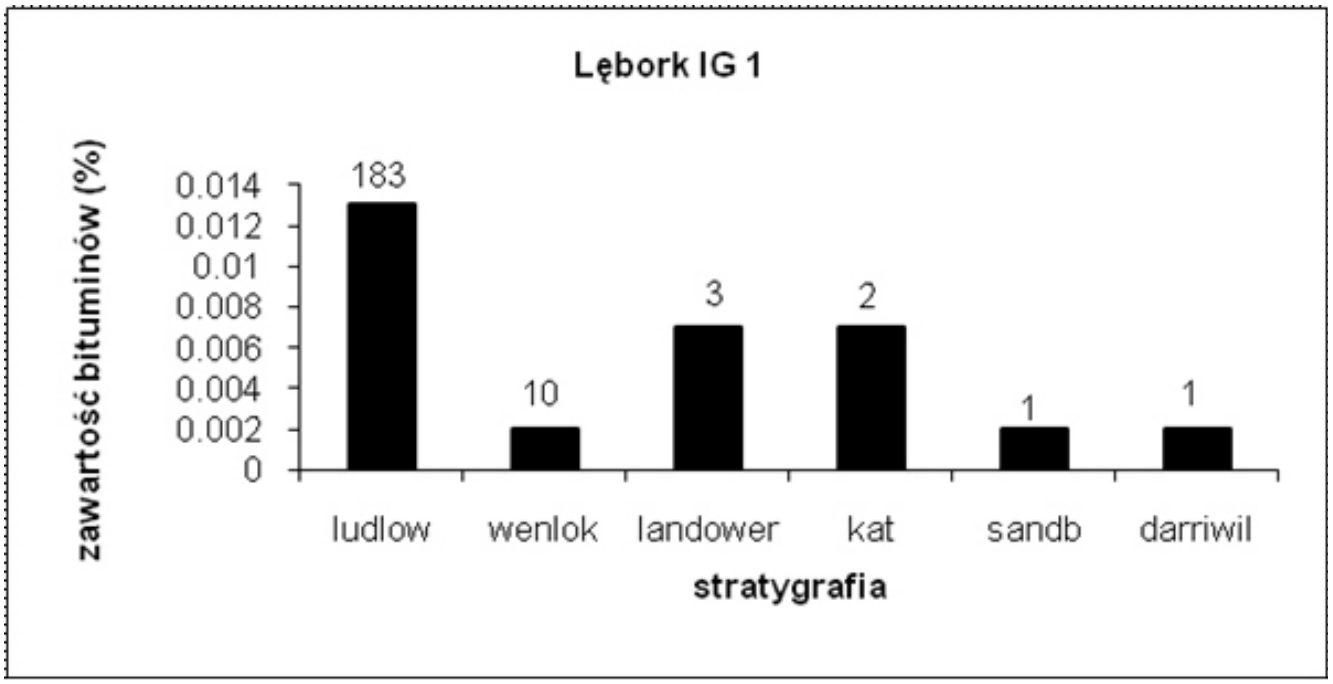



**Figura 3.9**. Średnia zawartość % wag. bituminów w otworze Lębork IG 1.

nad aromatycznymi. Wartość współczynnika migracji określa te bituminy jako syngenetyczne z osadem (współczynnik migracji jest to stosunek węglowodorów obecnych w skale do ilości węgla organicznego w tej skale; Gondek, 1980).

Wyższa ilość węgla organicznego średnio 0,96% (min. 0,62, max. 1,15%) występuje w utworach wenloku (Fig. 3.8.). Utwory wenloku generalnie wykazują cechy „dobrych" skał macierzystych dla generowania węglowodorów (Peters, 1986). Ilość bituminów wydzielonych z tych skał jest bardzo mała (0,001–0,003%; Fig. 3.9.).

Ilasty kompleks o dużej miąższości - ludlowu zawiera zróżnicowaną ilość węgla organicznego średnio 0,57%, minimalnie 0,15%, maksymalnie 1,27%. Podwyższona zawartość węgla organicznego występuje punktowo. Zróżnicowana jest także zawartość bituminów, waha się od 0,040% do ilości śladowych, które występują głównie w górnych partiach tych utworów. Podwyższona zawartość składników labilnych jest zróżnicowana pod względem udziału w nich węglowodorów, który waha się od 28 do 74,1%. W składzie węglowodorów przeważają węglowodory nasycone nad aromatycznymi.

Wartość współczynnika migracji pozwala stwierdzić, iż w kompleksie ludlowu występują bituminy zarówno syngenetyczne z osadem jak i epigenetyczne (Gondek, 1980).

### 3.3. SKAŁY ZBIORNIKOWE

Gapowo B-1/1A

Prezentacja upubliczniona przez firmę BNK Petroleum, Inc. (2014) podaje, że w otworze wiertniczym Gapowo B-1/1A, w

obrębie najbardziej perspektywicznego interwału obejmującego utwory dolnego syluru i ordowiku, porowatość wynosi od 3,9 do 6,1%, średnio 5,1%. Wg autorów prezentacji uśredniony skład mineralogiczny składa się w 46% z krzemionki i węglanów, 43% minerałów ilastych oraz w 11% z pozostałych minerałów.

Lębork IG 1

W ramach tematu pn. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I” w otworze wiertniczym Lębork IG 1 wykonano pomiary porowatości metodą helową, przepuszczalności, składu mineralogicznego, oraz gęstości i gęstości objętościowej w interwale głębokości 2099,0–3279,9 m. Porowatość badanych skał zawiera się w przedziale <1,5–14,83%, a przepuszczalność oscyluje w granicach od 0 do 2,54 mD. Uśredniony skład mineralogiczny skał silikoklastycznych składa się w 33% z krzemionki i węglanów, 52% minerałów ilastych oraz w 15% z pozostałych minerałów. Gęstość przebadanych skał zawiera się w przedziale od 2,68 g/cm$^3$ do 2,78 g/cm$^3$, a gęstość objętościowa zawiera się w przedziale 2,37 g/cm$^3$ do 2,77 g/cm$^3$.

Kościerzyna IG 1

W ramach tematu pt. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I” w otworze wiertniczym Kościerzyna IG 1 wykonano pomiary porowatości metodą helową, przepuszczalności, składu mineralogicznego oraz gęstości i gęstości objętościowej w interwale głębokości 3998,8–4423,4. Porowatość badanych skał zawiera się w przedziale <1,5–7,18%, a przepuszczalność oscyluje w granicach od 0 do 2,53 mD. Uśredniony skład mineralogiczny skał silikoklastycznych składa się w 34% z krzemionki i węglanów, 53% minerałów ilastych oraz w 13% z pozostałych minerałów. Gęstość przebadanych skał zawiera się w przedziale od 2,62 do 2,77 g/cm$^3$, a gęstość objętościowa zawiera się w przedziale 2,53 do 2,85 g/cm$^3$.

Badania złożowe potencjalnych poziomów zbiornikowych w otworze Kościerzyna IG 1 (Bojarski & Kwolek, 1982) obejmowały utwory kambru, cechsztynu, pstrego piaskowca i jury dolnej. Objawy gazu palnego zostały stwierdzone jednak jedynie w stropowych partiach piaskowców kambru dolnego i kambru środkowego, co potwierdza możliwość istnienia na obszarze przetargowym „Bytów” również konwencjonalnego systemu naftowego. W wyniku opróbowania utworów kambru dolnego i środkowego w interwałach głębokości: 4698,0–4784,0 m oraz 4430,0–4486,0 m uzyskano przypływ gazu palnego na poziomie ok. 0,06 m$^3$/min (Bojarski & Kwolek, 1982).

W roku 1972 wykonano badania własności fizycznych skał obejmujące analizę porowatości efektywnej oraz gęstości (Dąbrowski, 1982). Ponieważ ówczesne metody laboratoryjne nie pozwalały na określenie porowatości w skałach mułowcowo-ilastych, w obrębie utworów dolnego paleozoiku, w otworze Kościerzyna IG 1, oznaczono jedynie porowatość efektywną piaskowców kambru dolnego, która wyniosła od 1 do 4% (średnio 3%). Gęstość utworów przydolu zawiera się w przedziale od 2,47 do 2,85 g/cm$^3$ (średnio 2,64 g/cm$^3$), utworów ludlowu – w przedziale od 2,56 do 2,94 g/cm$^3$ (średnio 2,67 g/cm$^3$), utworów wenloku – w przedziale od 2,54 do 3,09 g/cm$^3$ (średnio 2,65 g/cm$^3$), utworów landoweru – w przedziale od 2,43 do 2,85 g/cm$^3$ (średnio 2,63 g/cm$^3$), utworów aszgilu – w przedziale od 2,40 do 2,68 g/cm$^3$ (średnio 2,55 g/cm$^3$), utworów karadoku – w przedziale od 2,48 do 2,74 g/cm$^3$ (średnio 2,60 g/cm$^3$), utworów lanwirnu – w przedziale od 2,62 do 2,76 g/cm$^3$ (średnio 2,69 g/cm$^3$), utworów arenigu – w przedziale od 2,59 do 2,73 g/cm$^3$ (średnio 2,65 g/cm$^3$), utworów kambru górnego – w przedziale od 2,61 do 2,67 g/cm$^3$ (średnio 2,64 g/cm$^3$), utworów kambru środkowego – w przedziale od 2,41 do 2,82 g/cm$^3$ (średnio 2,65 g/cm$^3$), utworów kambru dolnego – w przedziale od 2,44 do 2,80 g/cm$^3$ (średnio 2,66 g/cm$^3$), utworów kambru dolnego–ediakaru – w przedziale od 2,38 do 2,86 g/cm$^3$ (średnio 2,59 g/cm$^3$).

### 3.4. SKAŁY NADKŁADU

W obrębie obszaru przetargowego „Bytów”, na przykładzie otworu Bytów IG 1 przewiduje się występowanie skał nadkładu składających się ze skał ludlowu (miąższość min. 973,7 m), skał przydolu (miąższość ok. 115 m), skał permu (miąższość ok. 305 m), skał triasu (miąższość ok. 449 m), skał jury (miąższość ok. 63 m), skał kredy (miąższość ok. 444 m), skał paleogenu i neogenu (miąższość 198 m) oraz skał czwartorzędu (miąższość 57 m). Za łączną miąższość skał nadkładu potencjalnie perspektywicznych formacji łupkowych (obejmujących utwory karadoku, landoweru i wenloku) można przyjmować miąższość wynoszącą około 2600 m w otworze Bytów IG 1 i około 4000 m na podstawie profilu litostratygraficznego otworu Kościerzyna IG 1, dlatego należy podkreślić, że miąższość poszczególnych skał nadkładu jest zmienna w obrębie obszaru przetargowego, a podana łączna miąższość jest jedynie wartością przybliżoną.

### 3.5. SKAŁA USZCZELNIAJĄCA

Doskonałą skałą uszczelniającą są ewaporaty cyklu PZ1. Na obszarze przetargowym mają one stałą miąższość (ok. 250 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 poszczególnych częściach obszaru przetargowego. W rejonie otworu Bytów IG 1 i na zachód od niego stwierdza się największy udział halitu w profilu (ok. 70%), który się zmniejsza, zwłaszcza w kierunku SE od otworu Bytów IG 1; minimum wynosi ok. 30% (tj. 80 m).

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. 3.10.).

Dodatkowym i traktowanym warunkowo horyzontem uszczelniającym dla górnoordowicko-dolnosylurskiego horyzontu perspektywicznego mogą być utwory ludlowu i przydolu ze

**Figura 3.10**. Mapa miąższości cechsztynu w północno-zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej.

**Figura 3.11**. Mapa miąższości górnego syluru w północno-zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej.

**Figura 3.10**. Mapa miąższości cechsztynu w północno-zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej

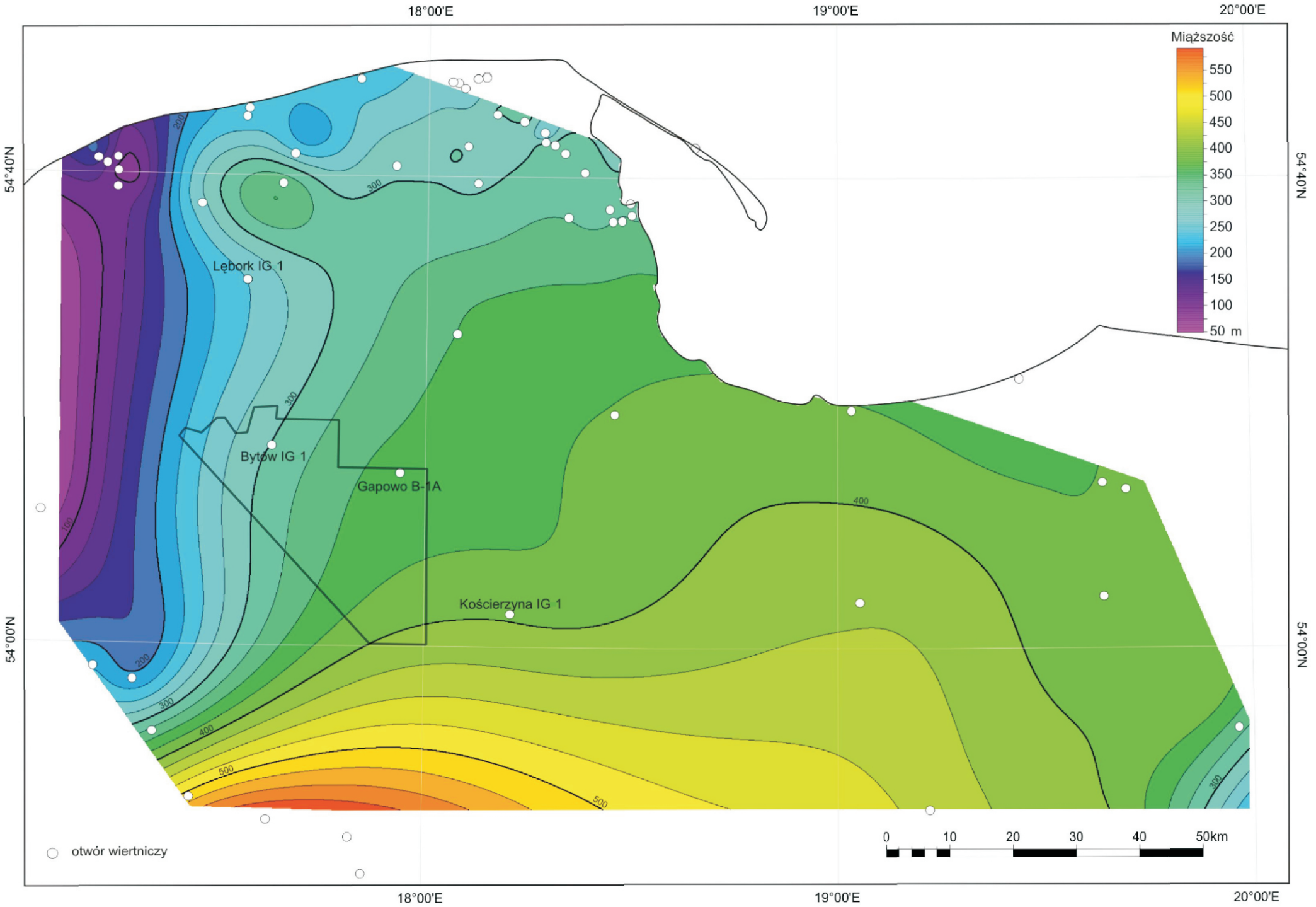
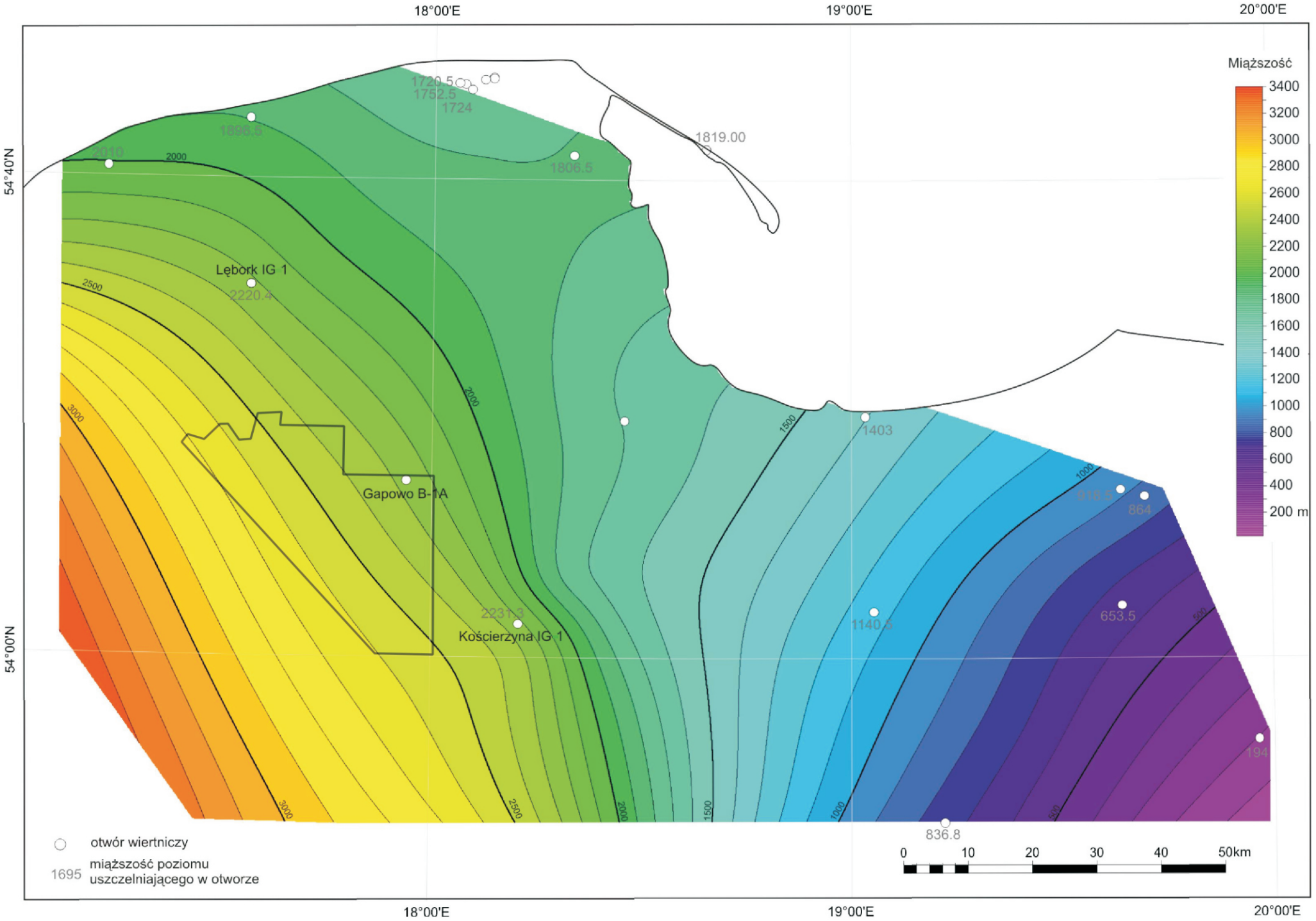


**Figura 3.11**. Mapa miąższości górnego syluru w północno-zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej



względu na bardzo duże miąższości ludlowu (przydol jest tu silnie zerodowany) i niskie wartości porowatości i przepuszczalności, przy braku właściwości generowania węglowodorów. Poniżej mapa miąższości utworów górnego syluru (Fig. 3.11.).

### 3.6. WIEK I MECHANIZM GENERACJI, MIGRACJI I AKUMULACJI WĘGLOWODORÓW

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

Do tej pory nie wykonano żadnych modelowań systemów naftowych dla analizowanego obszaru przetargowego lub dane z modelowań nie są w posiadaniu Państwowej Służby Geologicznej. Z tego powodu charakterystykę dotyczącą wieku i mechanizmu generacji, migracji i akumulacji węglowodorów dla obszaru przetargowego „Bytów" wykonano na podstawie modelowań przeprowadzonych w otworach Lębork IG 1 (Fig. 3.12.; Dyrka, 2015) i Słupsk IG 1 (Poprawa, 2007), znajdujących się poza granicami obszaru przetargowego odpowiednio w północnej i północno-zachodniej części. Ponadto, wykorzystano wyniki badań przeprowadzonych w projekcie pt. „Systemy naftowe i perspektywy poszukiwawcze utworów staropaleozoicznych polskiego sektora Morza Bałtyckiego między Łebą a Kamieniem Pomorskim" (Kotarba, 2008).

W strefie lokalizacji obszaru przetargowego „Bytów" 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 pogrążania 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 dolnego 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 „Bytów" w profilu dolnego paleozoiku występują skały macierzyste dla węglowodorów reprezentowane przez łupki kambru górnego-tremadoku, karadoku (ordowik) oraz landoweru (sylur). Najważniejszym poziomem ropogazonośnym są piaskowce kambru środkowego, jednakże potencjalne poziomy skał zbiornikowych tworzą również węglany ordowiku i syluru.

Na podstawie wyników modelowań dojrzałości termicznej (Fig. 3.12.) wszystkie wymienione skały macierzyste, obecnie znajdują się w oknie występowania gazu suchego (wartości >1,4% $R_o$). Główna faza generowania węglowodorów poczynając od ropy naftowej (>0,6% $R_o$), w zależności od zróżnicowanych warunków paleotermicznych na analizowanym obszarze wystąpiła, gdy skały dolnego paleozoiku zostały pogrążone na głębokość <2500 m osiągając temperaturę >100$^{o}$C. Takie warunki sprawiły, że główna faza generowania węglowodorów ciekłych nastąpiła z końcem syluru i trwała niemalże do końca karbonu, kiedy to nastąpiła kolejna faza generowania gazu mokrego/kondesatu (>1,1% $R_o$). Wypiętrzenie i erozja późnokarbońska zahamowała czasowo dalszy wzrost dojrzałości termicznej. Depozycja utworów permu (cechsztynu) i mezozoiku przyczyniła się dopiero do dalszego pogrzebania a tym samym zwiększenia głębokości i temperatury. Skały macierzyste zostały pogrzebane na głębokość poniżej 3000 m, osiągając temperaturę około 130$^{o}$C, co spowodowało wejście w kolejną fazę generowania węglowodorów - w tym przypadku gazu suchego (>1,4% $R_o$) pod koniec kredy (nie można wykluczyć, że utwory macierzyste starszego paleozoiku na obszarze przetargowym „Bytów" osiągnęły fazę generowania gazu ziemnego suchego już z końcem karbonu). Potencjał generacyjny węglowodorów z utworów starszego paleozoiku w analizowanym obszarze nadal nie został wyczerpany.

Według 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 starszego paleozoiku na obszarze „Bytów".

### 3.7. PARAMETRY ROPY I GAZU

Przewidywane parametry węglowodorów w tym przypadku gazu ziemnego na obszarze „Bytów", opracowano na podstawie danych z otworu Kościerzyna IG 1. Otwór Kościerzyna IG 1 jest jedynym otworem położonym najbliżej obszaru przetargowego, będącego przedmiotem analizy, który w całości przewierca perspektywiczne utwory starszego paleozoiku i w którym wykonano analizy chemiczne gazu ziemnego pobranego z głowicy otworu (Tab. 3.6. i 3.7.). Próbki gazu pochodzą tylko z utworów kambru dolnego i środkowego. Niemniej jednak, objawy węglowodorów i wyniki testów złożowych w konwencjonalnych skałach zbiornikowych kambru oraz ordowiku dolnego i środkowego na kratonie wschodnioeuropejskim są genetycznie związane z potencjalnie gazonośnymi łupkami dolnego paleozoiku (Poprawa, 2010b). Oznacza to, że składy gazu ziemnego czy ropy naftowej z formacji łupkowych (w tym przypadku z utworów landoweru i karadoku) będą bardzo zbliżone do składu gazu zakumulowanego w konwencjonalnych skałach kambru. Trzeba jednak podkreślić, że zależność tą trzeba odnosić do warunków lokalnych (w tym przypadku obszar „Bytów"), a nie regionalnych (basen bałtycki).

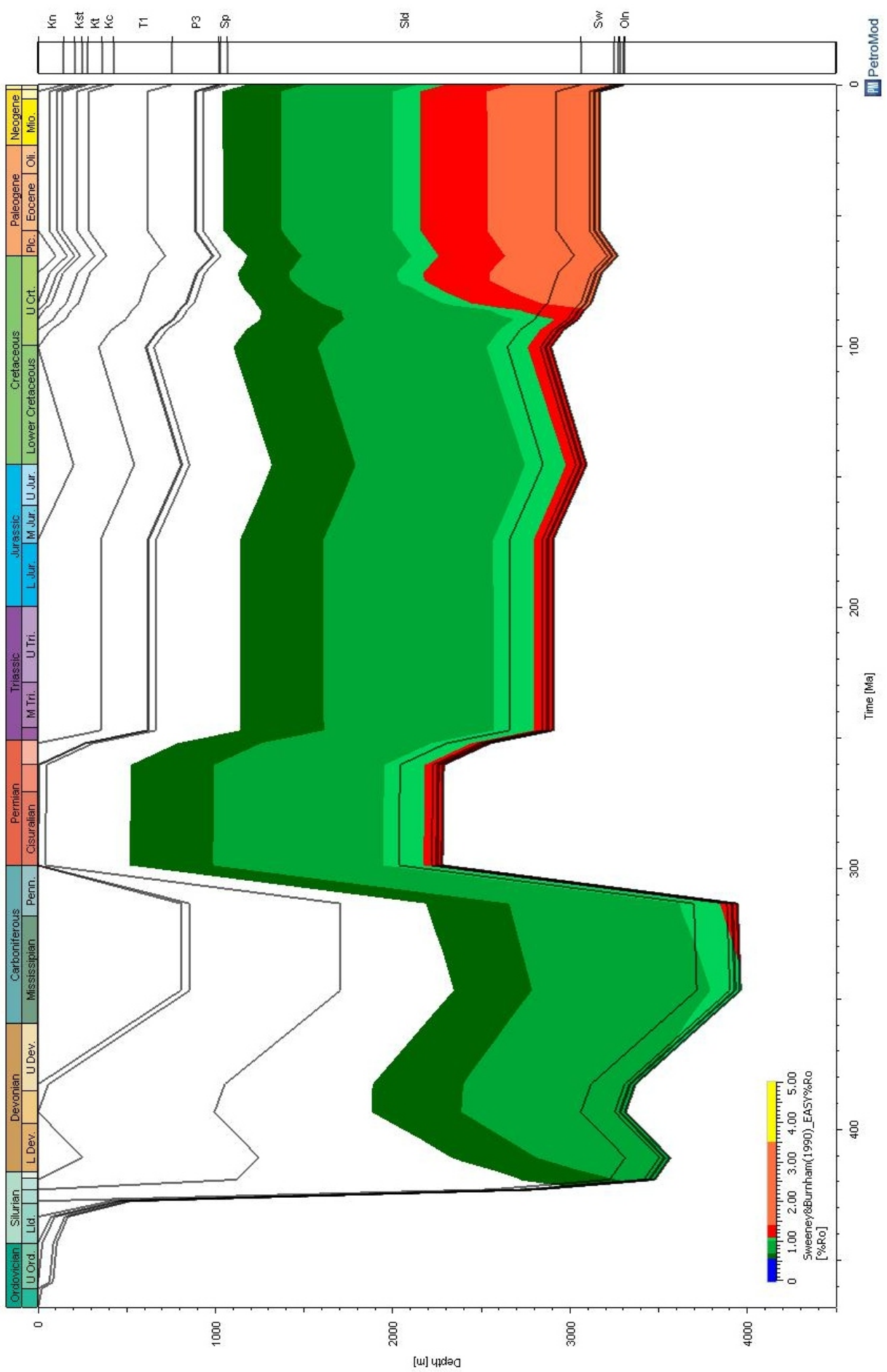



**Figura 3.12**. Model 1-D historii pogrążania i dojrzałości termicznej dla otworu Lębork IG 1 (na podstawie Dyrka, 2015).

**Tabela 3.6. Poziom zbiornikowy 4460,0–4486,0 m – piaskowce kambru górnego i środkowego. Próbka gazu pobrana z rdzenia zawiera gaz ziemny bezgazolinowy. Jest to gaz typowo metanowy z podwyższoną nieco zawartością węglowodorów ciężkich i azotu. Gaz zawiera 92,227% węglowodorów i 92,603 % składników palnych (Bojarski & Kwolek, 1982).**

| Składnik | % objętości | Składnik | % objętości |
|---|---|---|---|
| $CH_4$ | 88,373 | $H_2$ | 0,376 |
| $C_2H_6$ | 3,229 | $CO_2$ | 0,348 |
| $C_3H_8$ | 0,520 | Ar | 0,080 |
| $C_3H_6$ | 0,005 | He | 0,017 |
| $C_4H_{10}$ | 0,077 | $N_2$ | 6,942 |
| $C_4H_8$ | 0,008 | – | – |
| $C_5H_{12}$ | 0,015 | – | – |
| Razem | – | – | 100 |

**Tabela 3.7. Poziom zbiornikowy 4698,0–4784,0 m – piaskowce i mułowce kambru środkowego i dolnego. Próbka gazu pobrana z rdzenia zawiera gaz ziemny bezgazolinowy, o bardzo dużej zawartości węglowodorów (97,922%). Jest to gaz typowo metanowy. Z pozostałych składników jedynie azot występuje w ilości powyżej 1,7% obj. (Bojarski & Kwolek, 1982).**

| Składnik | % objętości | Składnik | % objętości |
|---|---|---|---|
| $CH_4$ | 94,491 | $H_2$ | 0,050 |
| $C_2H_6$ | 2,978 | $CO_2$ | 0,273 |
| $C_3H_8$ | 0,376 | Ar | 0,028 |
| $C_3H_6$ | 0,008 | He | 0,001 |
| $C_4H_{10}$ | 0,053 | $N_2$ | 1,726 |
| $C_4H_8$ | 0,006 | – | – |
| $C_5H_{12}$ | 0,010 | – | – |
| Razem | – | – | 100 |

Szacowany skład gazu ziemnego na obszarze „Bytów" to gaz wysokometanowy, bezgazolinowy, raczej z niewielką zawartością azotu.

# 4. CHARAKTERYSTYKA ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW NA OBSZARZE/W SĄSIEDZTWIE PRODUKUJĄCYCH Z PERSPEKTYWICZNYCH INTERWAŁÓW

W granicach obszaru przetargowego „Bytów", jak i w innych obszarach Polski, nie występują udokumentowane niekonwencjonalne złoża węglowodorów, których dotyczy niniejszy pakiet przetargowy. Zarówno w granicach obszaru przetargowego jak i w jego bezpośrednim sąsiedztwie nie występują również udokumentowane konwencjonalne złoża węglowodorów. Najbliższe udokumentowane konwencjonalne złoża oddalone są od obszaru przetargowego o kilkadziesiąt kilometrów i nie mogą być traktowane jako analogi dla perspektywicznych skał na obszarze przetargowym „Bytów". Aktualnie trwają badania zmierzające do rozpoznania interwałów perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w obrębie skał dolnego paleozoiku na obszarze platformy wschodnioeuropejskiej m.in projekt finansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej pod nazwą „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów – etap I".

# 5. DANE O GŁĘBOKICH OTWORACH WIERTNICZYCH ODWIERCONYCH NA OBSZARZE PRZETARGOWYM: BYTÓW IG 1, GAPOWO B-1

## 5.1. NAZWA, GŁĘBOKOŚĆ, ITP. OBJAWY WĘGLOWODORÓW W TRAKCIE WIERCENIA

**GAPOWO B-1**

Zamieszczone poniżej informacje dotyczące otworu pionowego Gapowo B-1 i jego horyzontalnego odcinka Gapowo B-1A uzyskano z publikacji na stronach firmy BNK Petroleum Inc., Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej m.in na:

- http://www.bnkpetroleum.pl/pdf/Current_Presentation.pdf
- http://www.bnkpetroleum.com/operations/europe/poland/baltic-basin
- http://www.bnkpetroleum.pl/pl/dzialalnosc/mapa-dzialalnosci/koncesji?wellsite=Slupski
- http://www.nfosigw.gov.pl/bazawiedzy/ekspertyzy-dof-przez-nfosigw/ – "Określenie zakresu oddziaływania procesu poszukiwania i eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów na środowisko, z uwzględnieniem terminów poszczególnych prac, infrastruktury podziemnej i przesyłowej, a w szczególności określenia charakteru i zakresu oddziaływania". Warszawa, 2014. Publikacja z realizacji tematu nr 012/2012
- http://chrisfugiel.pl/data/public/3_files/WPN/2011_BNK_Shale_Gas.pd

oraz z informacji z Ministerstwa Środowiska.

Z uwagi na przepisy art. 82 ust. 8, art. 99 ust. 2 i 3 oraz art. 100 ust. 3a Ustawy z dnia 9 czerwca 2011r. Prawo Geologiczne i Górnicze (Dz.U. 2015 r., poz. 196 ze zm.) w opracowaniu nie są prezentowane dane geologiczne podlegające ochronie.

Gapowo B-1 – otwór pionowy.

Otwór Gapowo B-1 odwiercony został przez firmę Indiana Investments w ramach koncesji nr 17/2010/p dla udokumentowania złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach: dolnego permu, dolnego syluru, górnego ordowiku i środkowego kambru.

Współrzędne otworu (układ PL-1992 [Y; X]): [429193,64; 708288,90]

Głębokość otworu: 4303 m (MD)

Rok zakończenia wiercenia: 2012

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia

Według opublikowanych informacji, w trakcie wiercenia w dolnym sylurze i ordowiku zarejestrowano bardzo wysokie wskazania gazu.

Wyniki badań skał

Dostępność wyników badań skał jest ograniczona do niewielu informacji udostępnionych przez firmę BNK. Dla rdzenia z interwału przewidzianego do stymulacji uzyskano:

- miąższość: 54 m,
- porowatość: 3,9–6,1% (średnia 5,1%),
- TOC: 1,1–4,2 % (średnia 2,5%),
- krzemionka/węglany: 46%,
- zailenie: 43%,
- inne minerały: 11%

Wykonane analizy na otworze i rdzeniu wiertniczym

Zgodnie z informacją przekazaną przez Ministerstwo Środowiska w otworze wykonano następujące analizy i pomiary:

- analizy sedymentologiczne,
- analizy mikropaleobiologiczne,
- analizy geochemiczne (RockEval, TOC),
- analizy mineralogiczne (XRD),
- geofizyczne profilowanie otworowe (realizowane przez Schlumberger)

pobrano rdzenie, próbki okruchowe, próbki gazu i wykonano:

- analizy desorbcji,
- analizy laboratoryjne (zestaw badań analizujących petrografię, geochemię, petrofizykę oraz własności geochemiczne).

Wykonane pomiary geofizyki otworowej:

- Caliper, Resistivity, Sonic, Porosity Log,
- Resistivity, Density, Neutron Porosity Log,
- Cement Bond Log,
- Sonic Porosity Stonely,
- HRLA-TLD-HGNS,
- Resistivity-Density-Mineralogy-Neutron-Spectral GR-SP,
- FMI-PPC-Sonic scanner-PPC-GR (Dipmeter-Imaging-Sonic),
- CBL,
- Formation Micro Imager, Sonic Scanner.

Gapowo B-1A - otwór horyzontalny

Dane ogólnodostępne dotyczące otworu Gapowo B-1A obejmują następujące informacje:

- współrzędne otworu (układ PL-1992 [Y; X]): [429196,25; 708287,42],
- głębokość/długość otworu: 6058 m (MD) /4183 m (TVD). Długość odcinka poziomego wynosi 2272 m, a jego kierunek to NE,
- rok zakończenia wiercenia: 2014 r.

W dniach 12–14.05.2014 r. wykonano w otworze szczelinowanie na odcinku od 5859,8 do 4408,9 m (MD).

Pozostałe informacje i wyniki badań dotyczące otworów Gapowo B-1 i Gapowo B-1A znajdują się w niżej wymienionych Dokumentacjach przekazanych przez inwestora Ministerstwu Środowiska.

Są to następujące dokumenty:

1. Dokumentacja geologiczna inna sporządzona w przypadku wykonywania prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny dla koncesji „Bytów” Nr. 17/2010p.
2. Raport geologiczny z odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1A.
3. Projekt robót geologicznych opróbowania otworu Gapowo B-1A w obrębie obszaru przetargowego „Bytów”.
4. Raport roczny z prac geologicznych na obszarze koncesyjnym „Bytów” przeprowadzonych w roku 2012 przez spółkę Saponis Investments Sp. z. o.o.
5. Raport z testu produkcyjnego odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1A poprzedzonego szczelinowaniem hydraulicznym.

BYTÓW IG 1

Dane ogólne:

- współrzędne otworu (układ PL-1992 [Y; X]): [410682.664; 714088.343],
- głębokość otworu: 2569,7 m,
- rok zakończenia wiercenia: 1961.

W Centralnej Bazie Danych Geologicznych jest informacja o dostępnych następujących dokumentacjach otworu Bytów IG 1:

| Nr. CBDG | Tytuł | Rok | Autorzy | Numery archiwalne |
|---|---|---|---|---|
| 285092 | Karta otworu: BYTÓW IG 1 | | | 67691,CAG PIG, Warszawa; |
| 936731 | Pomiary geofizyczne + karta otworu: BYTÓW IG-1 | 1963 | Bojarski Leszek | 67691,CAG PIG, Warszawa; |
| 864420 | Problem węzłowy 01.1.1. Podtemat 01.02.02. Kompleksowa analiza wyników badań geofizycznych pod kątem doboru metod i metodyki dla badania utworów podpermskich. Zadanie 01.02.02.b.02. Zastosowanie kompleksu metod geofizycznych, a szczególnie sejsmiki, magnetotelluryki i grawimetrii dla regionalnego rozpoznania budowy utworów podpermskich – dla Gdańskiej Syneklizy Perybałtyckiej. | 1974 | Kulig Władysław i zespół | R-323,Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa; |
| 125630 | Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Bytów IG 1 | 1961 | Sarna W. | B203 VS,CAG PIG, Warszawa; Śpr/362,Geofizyka Toruń S.A., Toruń; S-45,Przeds. Bad. Geofiz. Sp. z o.o., Warszawa; B-8,Geofizyka Kraków S.A., Kraków; |

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia

Objawy węglowodorów w czasie wiercenia stwierdzono w anhydrytach i dolomitach cechsztynu na głębokości: 1431–1455,8 m, głównie w postaci silnego zapachu.

Wyniki badań skał

Wyniki analiz laboratoryjnych oraz wyniki badań skał: litologicznych, stratygraficznych i petrograficznych znajdują się w ogólnodostępnym zeszycie nr 40 pt. „Bytów IG 1” Profili Głębokich Otworów Wiertniczych (Tomczyk, 1977).

Poza tym w Centralnej Bazie Danych Geologicznych (stan na 2015) są zawarte wyniki kolejnych badań wykonanych na otworze Bytów IG 1 w ramach innych projektów zamawianych

przez Ministerstwo Środowiska. Opracowania poniższych projektów są dostępne w Narodowym Archiwum Geologicznym.

Wśród badań są:

– badania refleksyjności witrynitu:
  1) Projekt: „Historia oraz geneza zdarzeń termicznych w basenie polskim i jego osadowym podłożu – ich znaczenie dla rekonstrukcji procesów generowania węglowodorów", Kierownik projektu: Paweł Poprawa.
  2) Projekt: Rozpoznanie basenów węglowodorowych Polski pod kątem możliwości występowania i zasobów oraz możliwości koncesjonowania poszukiwań niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego – etap I.
  Kierownik projektu: Hubert Kiersnowski, Paweł Poprawa.
– badania gęstości i porowatości i przepuszczalności:
  1) Projekt: „Opracowanie modelu rozkładu gęstości głównych jednostek geologicznych kraju".
  Kierownik projektu: Olga Rosowiecka.
  2) Projekt: Rozbudowa oraz weryfikacja i uzupełnianie danych podsystemu „OTWORY" Centralnej Bazy Danych Geologicznych.
  Kierownik projektu: Mirosław Słowakiewicz.
– badania składu wody:
  1) Projekt: Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania $CO_2$ wraz z programem ich monitorowania.
  Kierownik projektu: Jan Lubaś.
  2) Projekt: Rozbudowa oraz weryfikacja i uzupełnianie danych podsystemu „OTWORY" Centralnej Bazy Danych Geologicznych.
  Kierownik projektu: Mirosław Słowakiewicz.

Poniżej zestawienie średnich wartości gęstości i porowatości efektywnej dla poszczególnych wydzieleń stratygraficznych.

### 5.2. TESTY ZŁOŻOWE (BYTÓW IG 1)

Charakterystykę hydrodynamiczną i hydrochemiczną poziomów zbiornikowych na obszarze objętym postępowaniem przetargowym przedstawiono na podstawie wyników wiercenia otworu Bytów IG 1 (Pazdro, 1977).

Celem opróbowania było zbadanie całej serii skał osadowych i wydzielenie poziomów odznaczających się najkorzystniejszymi parametrami zbiornikowymi oraz najkorzystniejszymi warunkami dla zachowania się złóż węglowodorów. Opróbowanie przeprowadzono po zakończeniu prac wiertniczych. Przebadano jeden poziom w otworze bosym odsłonięty pod butem rur 244,5 mm, a pozostałe poziomy udostępniano do badań poprzez perforację tych rur. Łącznie przebadano 13 poziomów zbiornikowych: 1 poziom sylurski, 4 poziomy cechsztyńskie, 4 poziomy pstrego piaskowca, 1 poziom wapienia muszlowego, 1 poziom jury środkowej i 2 poziomy kredy górnej. Analizy chemiczne wód złożowych wykonano w Głównym Laboratorium Chemicznym Instytutu Geologicznego w Warszawie.

Poziom zbiornikowy 1600,0–1542,6 m (sylur, przydol–ludlow – iłowce, wkładki wapieni)

Opróbowano poziom odsłonięty pod butem rur 244,5 mm. Badanie przeprowadzono metodą sczerpywania wody technicznej łyżką wiertniczą. Obniżono płyn do głębokości 1560 m i przystąpiono do obserwacji przypływu. Po trzech dobach obserwacji nie stwierdzono przypływu wody w otworze. Opróbowany

**Zestawienie średnich wartości gęstości i porowatości efektywnej dla poszczególnych wydzieleń stratygraficznych.**

| Głębokość [m] | | Stratygrafia | Gęstość (średnia) [g/cm$^3$] | Porowatość efektywna (średnia) [%] |
|---|---|---|---|---|
| Strop [m] | Spąg [m] | | | |
| 57,0 | 255,0 | Paleogen–neogen | 1,75 | 30 |
| 255,0 | 361,0 | Kreda górna, kampan górny | 1,62 | 36 |
| 361,0 | 407,5 | Kreda górna, kampan dolny | 1,46 | 37 |
| 407,5 | 481,0 | Kreda górna, santon | 1,73 | 29 |
| 481,0 | 506,0 | Kreda górna, koniak | 1,73 | 29 |
| 506,0 | 631,1 | Kreda górna, turon-niższy koniak | 1,76 | 30 |
| 631,1 | 669,5 | Kreda górna, cenoman | 1,93 | 25 |
| 669,5 | 673,2 | Jura górna, oksford | 1,76 | 28 |
| 673,2 | 699,5 | Jura środkowa, kelowej | 2,01 | 23 |
| 699,5 | 724,0 | Jura środkowa, baton górny | 1,91 | 25 |
| 724,0 | 732,0 | Jura środkowa niższa | 1,90 | 28 |
| 732,0 | 801,0 | Trias środkowy | 2,07 | 21 |
| 801,0 | 890,1 | Trias dolny, pstry piaskowiec środkowy – formacja połczyńska | 1,98 | 23 |
| 890,1 | 930,0 | Trias dolny, pstry piaskowiec środkowy – formacja pomorska | 2,08 | 20 |
| 930,0 | 1176,0 | Trias dolny, pstry piaskowiec dolny – formacja bałtycka | 2,18 | 16 |
| 1176,0 | 1187,0 | Perm, cechsztyn – stropowa seria terygeniczna PZT | 2,20 | 8 |
| 1187,0 | 1203,2 | PZ3 | 2,82 | - |
| 1203,2 | 1477,0 | PZ2 + PZ1 | 2,42 | - |
| 1481,0 | 1596,0 | Sylur, przydol, formacja z Pucka | 2,56 | 5 |
| 1596,0 | 2210,0 | Sylur, ludlow, ludford, formacja z Pucka – górna część formacji z Kociewia | 2,59 | 4 |
| 2210,0 | 2390,0 | Ludlow, ludford, formacja z Kociewia | 2,63 | 2 |
| 2390,0 | 2569,7 | Ludlow, ludford, formacja z Kociewia | 2,64 | 2 |

poziom uznano za bezwodny i zlikwidowano go korkiem cementowym założonym w interwale 1600,0–1490,0 m.

Poziom zbiornikowy 1482,0–1470,0 m (perm, cechsztyn – wapień podstawowy)

Poziom udostępniono do badań wykonując perforację bezpociskową rur 244,5 mm oddając 120 strzałów. Opróbowanie przeprowadzono metodą sczerpywania płynu łyżką wiertniczą. Stwierdzono przypływ wody złożowej. Zwierciadła wody nie zdołano obniżyć poniżej 230 m, gdyż podczas sczerpywania w poziomie perforacji utworzył się zasyp utrudniający dopływ do otworu wody złożowej. Po obniżeniu zwierciadła wody do 230 m przeprowadzono pomiary przypływu. Wyniki podano w Tab. 5.1.

Pomiary zakończono po osiągnięciu głębokości 187 m, nie uzyskując całkowitej stabilizacji zwierciadła wody w otworze.

Pobrano próbę wody w celu wykonania analizy chemicznej. Wodę scharakteryzowano jako 12% solankę chlorkowo-sodową, jodkową. Sucha pozostałość wynosiła 121,4 g/dm$^3$, ciężar właściwy 1,0843 g/cm$^3$, a odczyn był obojętny (pH = 7).

Skład chemiczny solanki podano w Tab. 5.2.

Wartość wskaźnika hydrochemicznego $\frac{rNa}{rCl}$ wynosząca 0,76 świadczy o dobrej i długo trwającej izolacji od wód słabiej zmineralizowanych i może wskazywać na korzystne warunki dla zachowania się złóż węglowodorów.

Poziom zlikwidowano korkiem cementowym w głębokości 1490–1463 m.

Poziom zbiornikowy 1458,0–1431,0 m (perm, cechsztyn – anhydryty)

Poziom udostępniono do badań perforując bezpociskowo rury 244,5 mm w interwale 1458–1454 m i 1450–1431 m. Oddano łącznie 230 strzałów. Opróbowanie przeprowadzono metodą sczerpywania płynu łyżką wiertniczą. Po sczerpaniu wody do głębokości 1458,5 m przez 3 doby prowadzono obserwacje przypływu. Nie stwierdzono wznoszenia się zwierciadła wody w otworze i uznano poziom za bezwodny.

Opróbowany poziom zlikwidowano korkiem cementowym założonym w głębokości 1280–1260 m.

Poziom zbiornikowy 1255,0–1248,0 m (perm, cechsztyn – margle, dolomity)

Perforowano bezpociskowo rury 244,5 mm oddając 70 strzałów. Wodę sczerpano łyżką wiertniczą do spodu otworu (do stropu korka cementowego) nie uzyskując, po trwającej 3 doby obserwacji, żadnego przypływu. Poziom uznano za suchy i zlikwidowano go wykonując w głębokości 1260–1215 m korek cementowy.

Poziom zbiornikowy 1210,0–1200,0 m (perm, cechsztyn – anhydryty)

Poziom odsłonięto do badań perforując rury 244,5 mm oddając 100 strzałów. Łyżką wiertniczą sczerpano wodę do stropu korka cementowego (do głębokości 1215 m). Po dwudniowych obserwacjach nie stwierdzono przypływu wody do otworu. Opróbowany poziom uznano za suchy i zlikwidowano zakładając w głębokości 960-930 m korek cementowy.

Podstawowe wyniki opróbowań pozostałych, mezozoicznych poziomów zbiornikowych zestawiono w Tab. 5.3.

Nie można wykluczyć, iż określona badaniami mineralizacja wody może być zaniżona z powodu jej zanieczyszczenia filt-

**Tabela 5.1. Głębokość zwierciadła wody w odniesieniu do czasu, jaki upłynął od perforacji.**

| Czas [h] | Głębokość zwierciadła wody [m p.p.t.] |
|---|---|
| – | 230 |
| 1 | 215 |
| 2 | 208 |
| 3 | 197 |
| 3,5 | 191 |
| 4 | 189 |
| 5 | 188 |
| 6 | 187 |

**Tabela 5.2. Skład chemiczny solanki.**

| Składnik | Zawartość | | |
|---|---|---|---|
| | [mg/dm$^3$] | [mval/dm$^3$] | [%mval] |
| Kationy | | | |
| $Ca^{2+}$ | 5 700 | 285 | 14,5 |
| $Mg^{2+}$ | 1 930 | 159 | 8,1 |
| $Na^{+}$ | 34 800 | 1 514 | 76,9 |
| $K^{+}$ | 380 | 10 | 0,5 |
| Razem | 42 810 | 1 968 | 100,0 |
| Aniony | | | |
| $Cl^{-}$ | 70 550 | 1 989 | 97,7 |
| $SO_4^{2-}$ | 2 230 | 46 | 2,3 |
| $aHCO_3^{-}$ | 67 | 1 | 0,0 |
| $Br^{-}$ | 50 | 0,6 | 0,0 |
| $I^{-}$ | 3 | 0,02 | 0,0 |
| Razem | 72 900 | 2 036,62 | 100,0 |

**Tabela 5.3. Podstawowe wyniki opróbowań mezozoicznych poziomów zbiornikowych.**

| Głębokość [m p.p.t.] | Stratygrafia | Litologia | Zwierciadło statyczne [m p.p.t.] | Wielkość przypływu [m$^3$/h] | Typ wody | Uwagi |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 410–420 | $Cr_2$ | piaski glaukonitowe | 42,5 | 0,45 | 3,6% Cl-Na | |
| 640–650 | $Cr_2$ | piaski glaukonitowe | – | 0 | – | badanie nieudane (nieskuteczna perforacja) |
| 701–706 | $J_2$ | piaskowce | nie ustabilizowano | 0,9 | 3,3% Cl-Na | |
| 737–743 | $T_2$ | wapienie | 109,5 | 0,7 | 3,9% Cl-Na | |
| 751–756 | $T_1$ | piaskowce | nie ustabilizowano | >0,2 | 4,5% Cl-Na | |
| 809–812 | $T_1$ | piaskowce | nie ustabilizowano | >0,05 | b.d. | |
| 860–870 | $T_1$ | piaskowce | nie ustabilizowano | 0,1 | 4,37% Cl-Na | |
| 917–924 | $T_1$ | piaskowce | 111,0 | 0,8 | b.d. | |

ratem płuczki wiertniczej. Dokładne oczyszczenie wody utrudniało tworzenie się w otworze podczas łyżkowania korków. Mimo prawdopodobnej zaniżonej mineralizacji daje się zaobserwować pionowa zmienność strefowa mineralizacji. Potencjalne możliwości występowania węglowodorów istnieją w utworach cechsztynu. Wskazuje na to duża różnica mineralizacji (suchej pozostałości) pomiędzy wodami poziomu cechsztynu (około 120 g/dm$^3$), a wodami poziomów mezozoicznych (około 40 g/dm$^3$). Różnica mineralizacji świadczy o istnieniu warstwy izolującej od góry poziomy wodonośne cechsztynu. Warstwą tą są sole cyklotemu PZ1.

Na prawdopodobieństwo występowania w cechsztynie węglowodorów wskazuje również niewielka wartość wskaźnika hydrochemicznego $\frac{rSO_4 \quad 100}{rCl}$ wynosząca 2,3.

Poziomy hydrostatyczne ustalają się poniżej powierzchni terenu na głębokości około 40–110 m, a ciśnienie złożowe kształtuje się w granicach 90% ciśnienia hydrostatycznego.

### 5.3. WYNIKI GEOFIZYKI OTWOROWEJ (BYTÓW IG 1)

W otworze Bytów IG 1 wykonano następujące pomiary geofizyczne: profilowanie średnicy, mikroprofilowanie średnicy, profilowanie gamma, profilowanie neutron-gamma, profilowanie elektryczne, pomiar krzywizny otworu, pomiary termiczne oraz pomiary prędkości średnich (Tomczyk, 1977).

Pomiary prędkości średnich zrealizowano w otworze Bytów IG 1 z trzech punktów strzałowych. Ich wyniki w formie papierowej zamieszczono w „Sprawozdaniu z pomiarów średnich prędkości w otworze Bytów IG 1" (Sarna, 1961). Wersja cyfrowa pomiarów znajduje się w Centralnej Bazie Danych Geologicznych (CBDG).

Badania geofizyki wiertniczej w otworze Bytów IG 1 wykonano przy pomocy analogowej aparatury geofizycznej z zastosowaniem niekalibrowanych sond pomiarowych. W Narodowym Archiwum Geologicznym w dokumentacji dotyczącej otworu Bytów IG 1 (Bojarski, 1963) znajdują się fragmentaryczne wyniki pomiarów radiometrycznych, elektrycznych, termometrycznych, średnicy i krzywizny otworu w wersji papierowej. W tym: profilowanie gamma z przedziału głębokościowego: 1137–1554 m, 1162–2334 m; profilowanie neutron-gamma dla zakresu: 1165–2335 m; wyniki bocznego sondowania oporności dla interwału: 1100–1552 m, 1532–2323 m, 2300–2566 m; profilowanie potencjałów naturalnych dla głębokości: 1107–1555 m, 1529–2327 m, 2300–2567 m; wyniki pomiaru termometrem dla przedziału głębokościowego: 13–1468 m, 1490–2572 m oraz 10–1276 m (po cementowaniu); profilowanie średnicy otworu w interwale: 1532–2325 m, 2563–2568 m i mikroprofilowanie średnicy otworu dla głębokości: 1533–2290 m, 2563–2568 m; dwa załączniki papierowe dotyczące pomiarów krzywizny otworu.

W latach późniejszych część badań zarejestrowanych w formie analogowej została zdigitalizowana i unormowana. Znajdują się one w CBDG w plikach w formacie LAS (Logging ASCII Standard). Dostępna jest m.in. krzywa profilowania gamma z interwału głębokościowego 1137-2333 m, profilowanie neutron-gamma dla interwału 1165-2335 m oraz krzywe elektryczne od głębokości 1100 m do 2567 m.

Z uwagi m.in. na jakość wykonanych pomiarów geofizyki wiertniczej interpretacja ilościowa profilowań z otworu Bytów IG 1, dokładna ocena parametrów takich jak np. porowatość czy oporność elektryczna wydzielonych warstw, jest utrudniona. Na podstawie pomiarów geofizycznych w profilu otworu można jednak wydzielać kompleksy skał różniących się np. opornością elektryczną, wielkością gradientu geotermicznego. Przedstawione poniżej wyniki takiego opracowania dostępne są w zeszycie nr 40 Profili głębokich otworów wiertniczych IG dotyczącym otworu Bytów IG 1 (Tomczyk, 1977).

W obrębie utworów syluru górnego wydzielono dwa kompleksy geofizyczne: VI (1481–2365 m) i VII (2365–2568 m) (Tab. 5.4.). Kompleks VI obejmuje dość jednorodną serię utworów iłowcowo-mułowcowych. Oporność elektryczna utworów w górnej części kompleksu (do gł. 1900 m) i w dolnej (od gł. 2100 m) jest niezmienna i utrzymuje się na poziomie 6–8 m. W środkowej części kompleksu zaznaczają się nieliczne warstwy o wyższej oporności, dochodzącej do 15 m. W całym kompleksie obserwuje się duże poszerzenie średnicy otworu do 700 mm, przy nominalnej 216 mm. Natężenie naturalnego promieniowania gamma utrzymuje się na prawie nie zmieniającym się poziomie najwyższym, a profilowania neutron-gamma na poziomie niskim.

Kompleks VII (2365–2568 m) wydzielono ze względu na podwyższoną w stosunku do utworów wyżej leżących, oporność elektryczną. Oporność utworów w obrębie tego interwału zmienia się w granicach 8–50 m.

Pozostałe kompleksy geofizyczne zostały wyznaczone w skałach młodszych, które obecnie nie są traktowane jako perspektywiczne dla poszukiwań naftowych.

**Tabela 5.4. Charakterystyczne cechy kompleksów geofizycznych w otworze Bytów IG 1**

| Kompleks | Głębokość [m] | Miąższość [m] | Oporność elektryczna [ m] | Gradient geotermiczny °C/100m | Litologia |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 0-407,5 | 407,5 | 3–150 | 1,18 | margiel, margiel z okruchami czertów, miejscami glaukonitowy, geza wapnista |
| II | 407,5-650 | 242,5 | 3–7 | 1,46 | piasek kwarcowo-glaukonitowy, mułowiec piaszczysty, glaukonitowy, iłowiec |
| III | 650-930 | 280 | 3–15 | 1,39 | piasek kwarcowy, drobnoziarnisty, iłowiec, zlepieniec, dolomit mułowcowy, mułowiec |
| IV | 930-1188 | 258 | 4–20 | 2,27 | mułowiec, iłowiec, mułowiec ze skupieniami gipsu, wkładki wapienia oolitowego |
| V | 1188-1481 | 293 | 20 – powyżej 500 | 1,23 | anhydryty, mułowce margliste, dolomity margliste, sól kamienna |
| VI | 1481-2365 | 884 | 6–15 | | iłowiec wapnisty, iłowiec łupkowy, mułowiec zwięzły i mułowiec wapnisty |
| VII | 2365-2568 | 203 | 8–50 | | mułowiec i iłowiec, mułowiec wapnisty |

## 6. DANE O PRACACH SEJSMICZNYCH NA OBSZARZE I W SĄSIEDZTWIE

W granicach obszaru „Bytów” do końca XX w. nie wykonano refleksyjnych pomiarów sejsmicznych z zapisem cyfrowym. Pierwsze badania prowadzono już w latach 60., jednak ówczesne możliwości techniczne pozwalały jedynie na zapis analogowy, a stosowana metodyka badań była znacznie ograniczona.

Obszar przecinają dwie linie zrealizowane w ramach projektu głębokich sondowań sejsmicznych POLONAISE’97, którego celem było rozpoznanie budowy geologicznej skorupy ziemskiej i nie są wykorzystywane w poszukiwaniach naftowych.

Dopiero w 2012 r. dla firmy BNK w ramach umowy koncesyjnej wykonano nowe profile sejsmiczne. W obrębie obecnego obszaru znajduje się 7 linii o łącznej długości ok. 80 km (Fig. 6.1.). Większość profili jest zlokalizowana w części północno-wschodniej obszaru. Dane te do końca okresu karencji są w wyłącznym użytkowaniu Inwestora, który może nimi dysponować.

## 7. INNE BADANIA ZREALIZOWANE NA OBSZARZE: GRAWIMETRIA, MAGNETYKA, MAGNETOTELLURYKA

### 7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE

W latach 1957–1989 obszar Polski pokryto grawimetrycznym zdjęciem półszczegółowym o zagęszczeniu około 2.0–3,0 pkt/km$^2$, a w latach 1976–1992 PIG we współpracy z PBG zrealizował obszerny program „Mapa grawimetryczna Polski w skali 1:200 000”. W jego wyniku 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 przyśpieszeniem normalnym wg wzoru Helmerta.

Stworzenie komputerowego banku danych grawimetrycznych umożliwiło opracowanie i opublikowanie „Atlasu grawimetrycznego Polski” (Królikowski & Petecki, 1995). Anomalie grawimetryczne obliczono w 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, 1980). Atlas zawiera mapy anomalii grawimetrycznych o charakterze przeglądowym w skalach 1:500 000 i 1:750 000. Dane pomiarowe zdjęcia półszczegółowego są dostępne w CBDG w postaci cyfrowego banku danych, a współrzędne punktów pomiarowych są podane także w układzie 1992, po transformacji z układu „Borowa Góra”. Zagęszczenie stanowisk grawimetrycznych pomiaru przyspieszenia siły ciężkości na obszarze „Bytów” ilustruje Fig. 7.1.

Rozkład anomalii siły ciężkości w red. Bouguera oparty na danych z zasobów CBDG z rejonu obszaru „Bytów” przedstawia Fig. 7.2.

W granicach obszaru przetargowego „Bytów” znajduje się 1349 punktów pomiarowych zdjęcia półszczegółowego (Fig. 7.1.) zawartych w dwóch dokumentacjach grawimetrycznych (Duda & Bochnia, 1969; Okulus & Wasiak, 1970). Pierwsza z nich dotyczy badań w rejonie synklinorium pomorskiego, w którym wykonano pomiary z zagęszczeniem 1,6 pkt/km$^2$. Błąd wyznaczenia anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera został oszacowany na 0.131 mGala. Druga dokumentacja obejmuje obszar wyniesienia Łeby i syneklizy perybałtyckej. Tutaj pomiary zostały wykonane z zagęszczeniem 1,7 pkt/km$^2$ i błędem anomalii 0,106 mGala. Do pomiarów używano grawimetrów typu Ascania Gs-11, a później Sharpe. Celem badań było: uzyskanie informacji geologiczno-strukturalnych o utworach podcechsztyńskich, śledzenie stref dyslokacyjnych oraz morfologii i zmian petrograficznych w podłożu krystalicznym, a także uzyskanie informacji o strukturach permo-mezozoicznych. Wyniki prac zostały przedstawione w formie map anomalii w redukcji Bouguera, a także anomalii regionalnych i resztkowych.

Dodatkowo w obszarze przetargowym znajdują się 224 pomiary profilowe o charakterze szczegółowym: 96 punktów pomiarowych z regionalnego profilu geofizycznego Chociwel–Lębork (Kleszcz, 1975) i 128 punktów z dokumentacji badań geofizycznych dotyczących poszukiwania złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych (Łaszczyńska i in., 1981).

W bezpośrednim sąsiedztwie obszaru przetargowego „Bytów” (na wschód od południka 18$^o$) w 2004 r. Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych na zlecenie PGNiG wykonało pomiary grawimetryczne, a także ich końcowe opracowanie kompleksowe w rejonie Kościerzyna–Gdańsk (Ostrowski, 2004; Ostrowski & Stefaniuk, 2004). 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.

### 7.2. BADANIA MAGNETOMETRYCZNE

W rejonie obszaru przetargowego „Bytów” 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 & 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 półszczegółowego zdjęcia magnetycznego Polski. Obszar „Bytów” pokryto pomiarami w ramach zdjęć obejmującego teren Polski zachodniej, centralnej i południowo-wschodniej (Kosobudzka, 1988, 1991; dokumentacja końcowa – Kosobudzka & Paprocki, 1997) oraz 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

**Figura 6.1**. Przybliżony przebieg linii sejsmicznych na obszarze przetargowym „Bytów”.

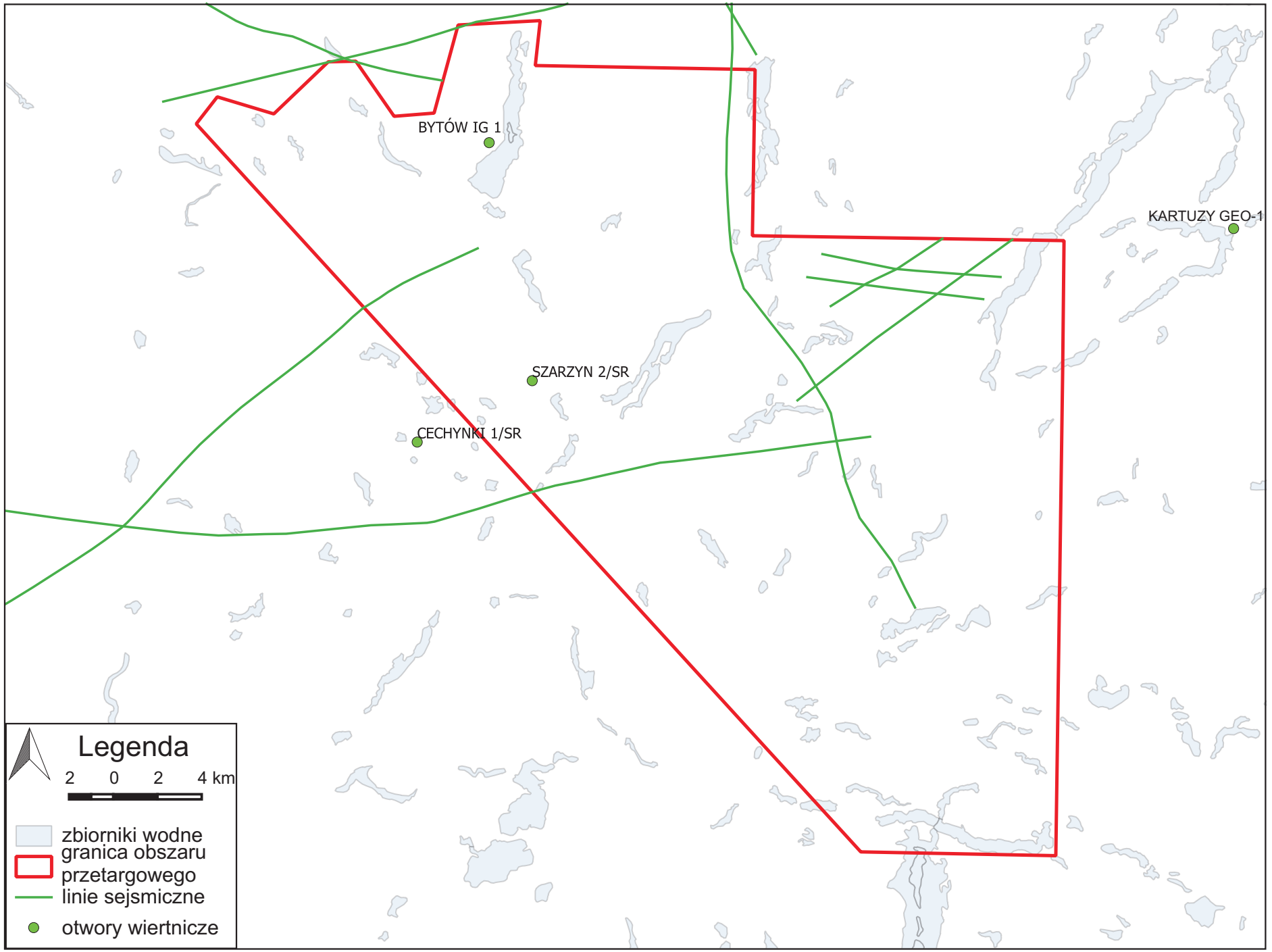



**Figura 6.1**. Przybliżony przebieg linii sejsmicznych na obszarze koncesji Bytów (http://www.bnkpetroleum...)

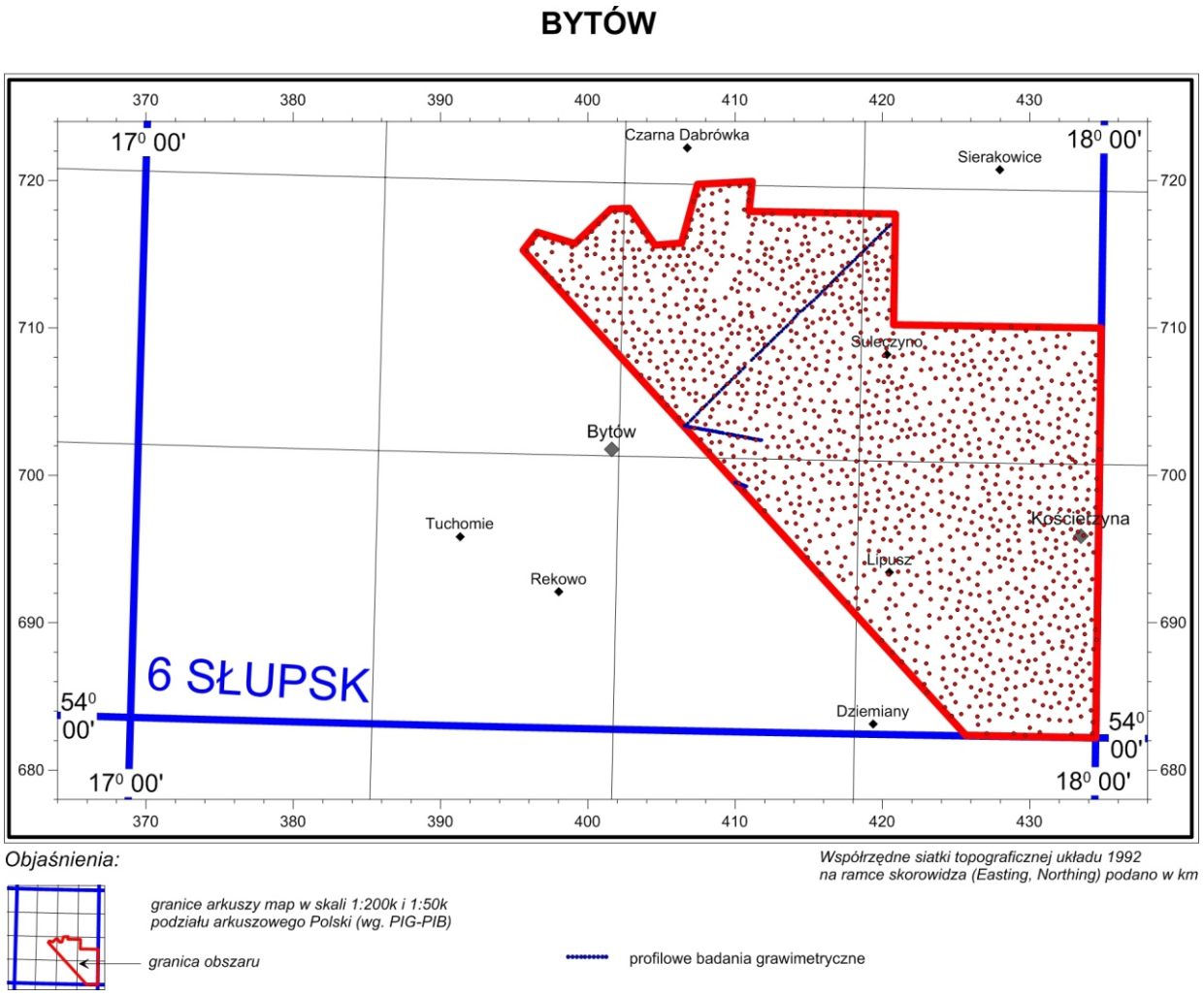



**Figura 7.1**. Lokalizacja stanowisk grawimetrycznych z pomiarów półszczegółowych i szczegółowych (profile grawimetryczne) w obszarze przetargowym „Bytów" (na podstawie danych CBDG).

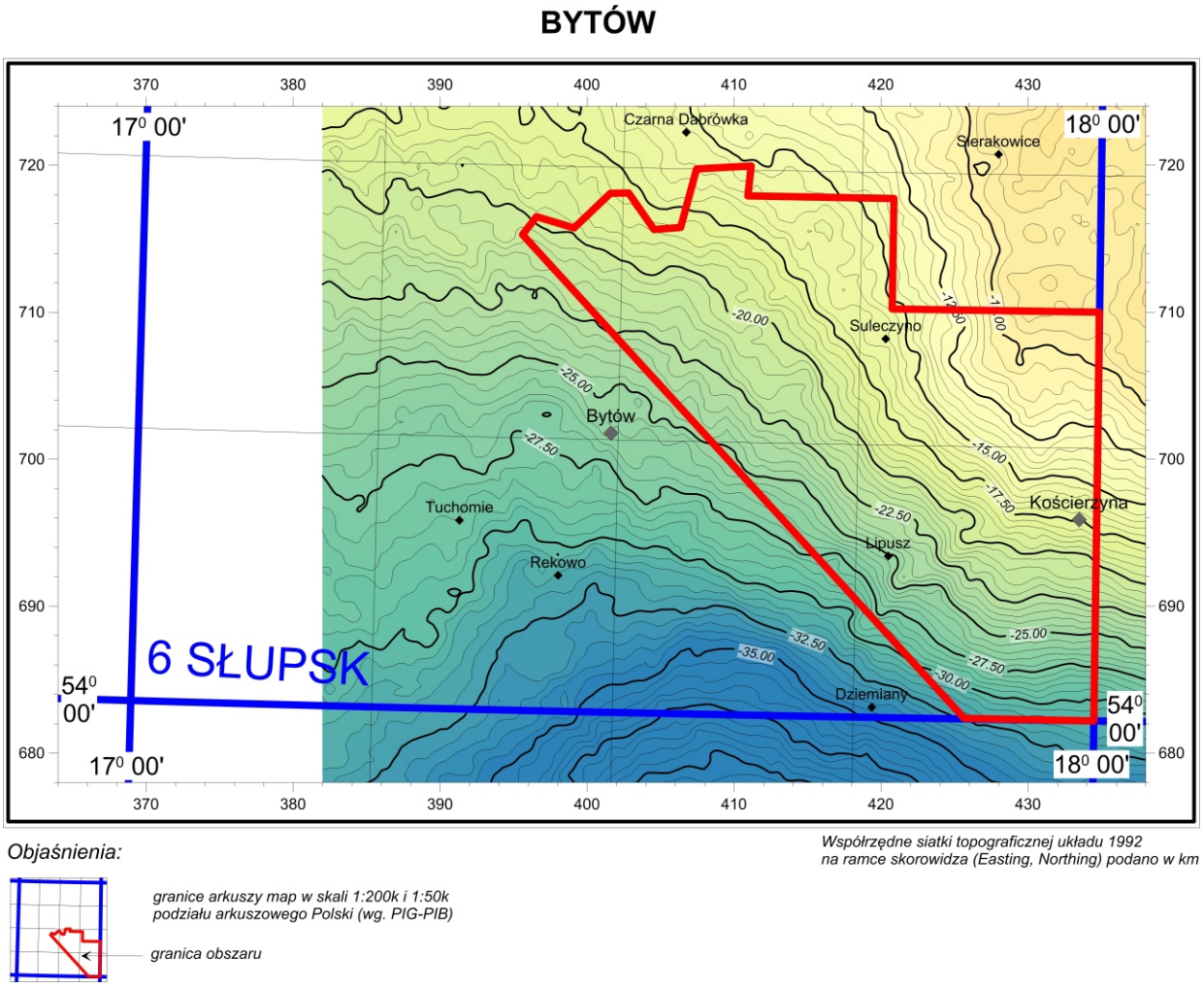



**Figura 7.2**. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera w rejonie obszaru przetargowego „Bytów” (Królikowski & Petecki, 1995).

Geofizycznych. Celem wykonanych półszczegółowych 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.

Zdjęcia te wykonano ze średnim zagęszczeniem punktów pomiarowych ok. 2 pkt/km$^2$ i dokładnością pomiarów nie większą niż 2,0 nT. Współrzędne punktów pomiarowych zostały wyznaczone w układzie „1942”. Punkty pomiarowe naniesione zostały na topograficzne mapy dokumentacyjne w skali 1:50 000; w oparciu o nie odczytano współrzędne punktów. Pomiary magnetyczne zostały zredukowane na epokę 1982.5 przy zastosowaniu międzynarodowego pola odniesienia IGRF, opracowane zostały katalogi anomalii magnetycznych T, utworzona została komputerowa baza danych magnetycznych, a wyniki badań udokumentowano na mapach anomalii magnetycznych dla arkuszy map w skali 1:50 000 oraz mapach zbiorczych w skali 1:200 000 (dane ze zdjęć z terenu zachodniej Polski; Kosobudzka, 1988, 1991), należące do ark. w skali 1:200 000 Lębork (N-33-XVIII), zostały włączone do dokumentacji z brzeżnej części platformy prekambryjskiej (Kosobudzka, 2002). Elementy anomalne ujawnione w rozkładzie anomalnego pola magnetycznego zostały scharakteryzowane i opisane wraz z podaniem możliwej ich genezy.

Dane pomiarowe zawarte w dokumentacjach archiwalnych są dostępne w CBDG w postaci cyfrowego banku danych. W obszarze „Bytów” jest 1475 punktów pomiarowych całkowitego pola magnetycznego (Fig. 7.3.).

Bazująca na tych pomiarach mapa magnetyczna w skali 1:500 000 została opracowana do druku dla dwóch północnych ćwiartek Polski (Petecki i in., 2003). Jej fragment obejmujący obszar przetargowy „Bytów” jest przedstawiony na Fig. 7.4.

Do pierwszoplanowych elementów anomalii pola magnetycznego obszaru zaliczyć należy fragment dodatniej anomalii występującej w okolicy Kościerzyny i towarzyszącego jej minimum (Fig. 7.4.). Wskazują one na zróżnicowanie podatności magnetycznych skał podłoża krystalicznego platformy wschodnioeuropejskiej. Prawdopodobnie wyż magnetyczny Kościerzyny wywołany jest przez mezoproterozoiczną intruzję magmową o dużej podatności magnetycznej. Jak wskazują wyniki wiercenia Kościerzyna IG 1, które osiągnęło podłoże krystaliczne, strop intruzji zalega na głębokości poniżej 5 km.

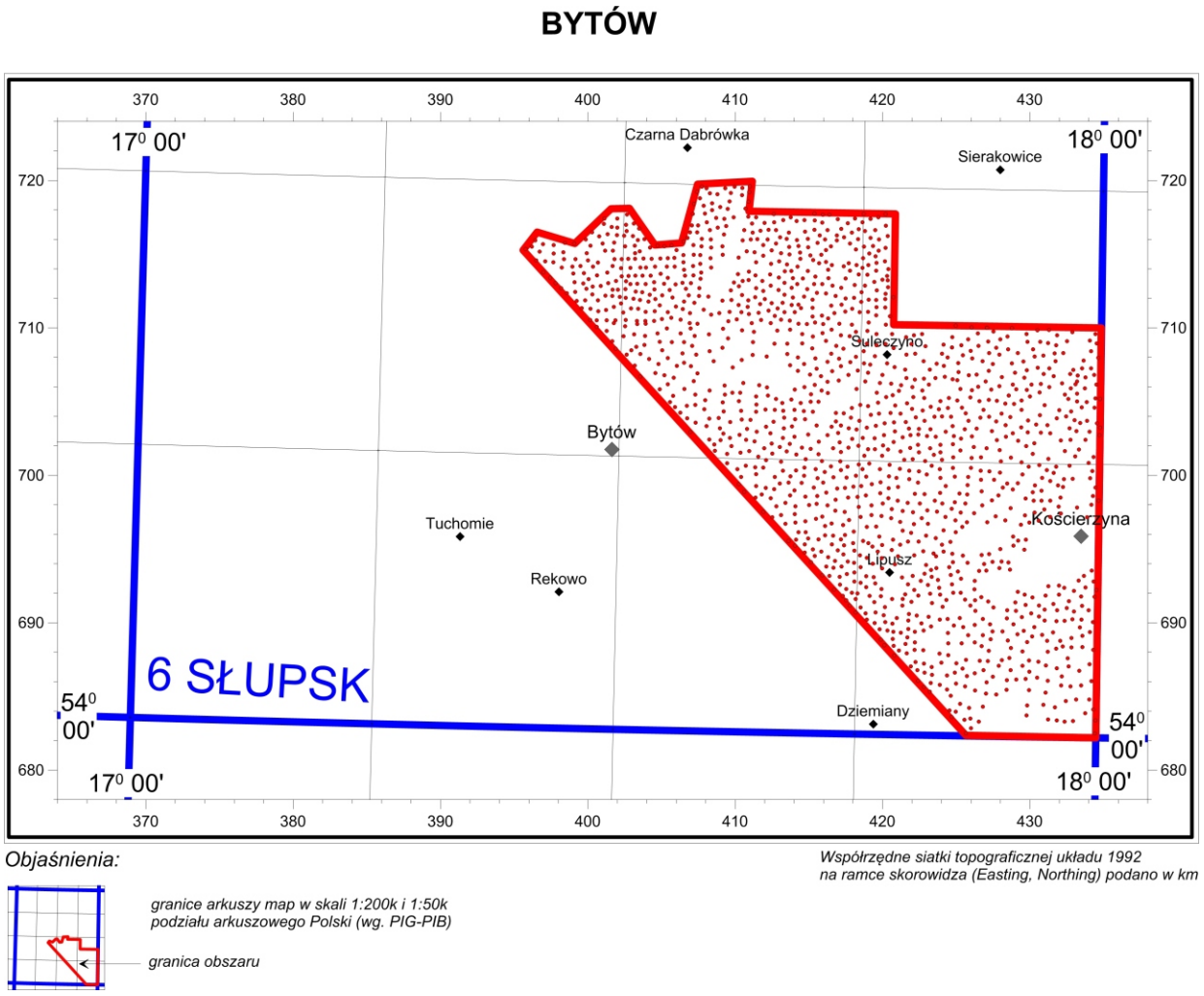



**Figura 7.3**. Lokalizacja stanowisk pomiarowych modułu całkowitego wektora pola geomagnetycznego *T* w obszarze przetargowym „Bytów” (na podstawie danych CBDG).

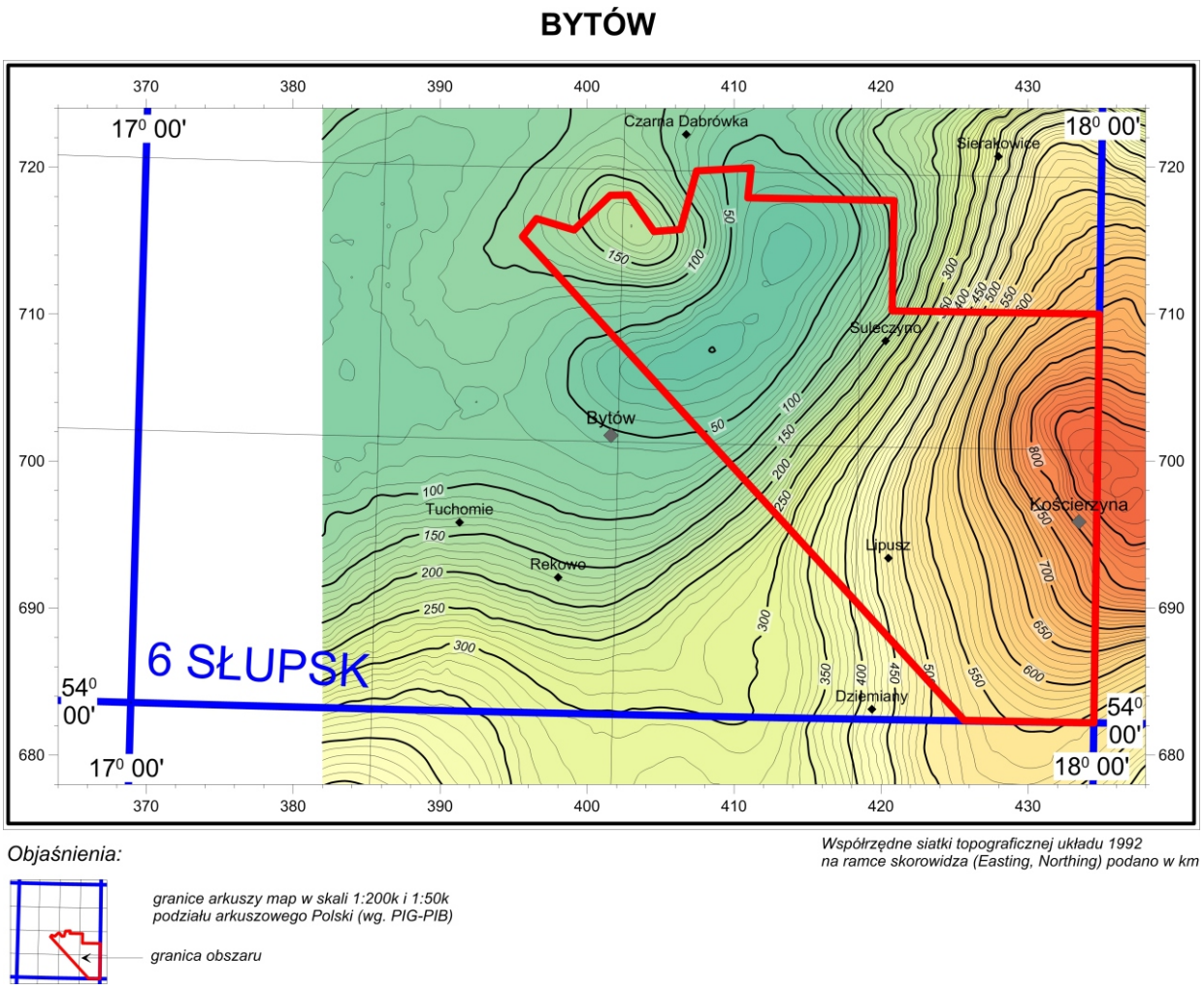



**Figura 7.4**. Mapa anomalii modułu całkowitego pola geomagnetycznego *T* w rejonie obszaru przetargowego „Bytów” (Petecki i in., 2003).

## 7.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE

W 1975 r. Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych zrealizowało prace telluryczne i magnetotelluryczne na wymienianym wyżej regionalnym profilu Moryń–Lębork (profil A) (Święcicka-Pawliszyn, 1975). Zasadniczym celem tych prac było rozpoznanie stropu podłoża skonsolidowanego oraz uzyskanie pełniejszych informacji odnośnie budowy pokrywy osadowej. Ze względu na nieodpowiednią jakość danych oraz brak nowoczesnych metod interpretacji wyniki badań miały charakter głównie jakościowy, a interpretacja ilościowa była niejednoznaczna i obarczona znacznym błędem.

W roku 2004 na zlecenie Polskiego Górnictwa Naftowego i Gazownictwa S.A. Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie wykonało badania magnetotelluryczne w rejonie Kościerzyna–Gdańsk (Stefaniuk & Wojdyła, 2004), a następnie kompleksową interpretacje geofizyczną danych grawimetrycznych, sejsmicznych i magnetotellurycznych (Ostrowski & Stefaniuk, 2004). Obszar tych badań leży bezpośrednio na wschód od obszaru przetargowego „Bytów”.

W latach 2007–2008 wykonano magnetotelluryczne prace pomiarowe wzdłuż dwóch profili regionalnych nazywanych D-PL i BMT-5 o długościach odpowiednio 230 km i 300 km zlokalizowanych w północno-zachodniej Polsce (Stefaniuk i in., 2008). Badania zrealizowano na zlecenie Ministerstwa Środowiska (sfinansowane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej). Głównym wykonawcą powyższych badań jest Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych w Warszawie sp. z o.o. w kooperacji z Państwowym Instytutem Geologicznym. Ogólnym celem badań magnetotellurycznych było rozpoznanie wgłębnej struktury strefy pomorskiego segmentu bruzdy śródpolskiej i obszarów sąsiednich, w szczególności określenie charakteru kontaktu kratonu wschodnioeuropejskiego i struktur północnoeuropejskiej platformy paleozoicznej.

Pomiary magnetotelluryczne wykonano w wersji pojedynczych sondowań (lokalizowanych wzdłuż profilu) odległych od siebie o ok. 4,5 km. Prace polowe wykonywane były z użyciem aparatur pomiarowych dwóch generacji. Pomiary przeprowadzono aparaturą MT-1 produkcji Electro-Magnetic Instruments Inc., Richmond Kalifornia oraz aparaturą z serii system2000.net z zastosowaniem odbiorników typu V8 i RXU-3E produkcji Phoenix Geophysics Ltd. Toronto, Kanada. W przypadku stosowania aparatury V8 wykorzystane zostały metody sondowania w paśmie magnetotellurycznym – MT i audiomagnetotellurycznym – AMT.

W wyniku tych prac w południowej części obszaru przetargowego „Bytów” znalazły się rejestracje z ostatnich dwóch stacji na profilu BMT-5, oznaczonych symbolami 5B73 i 5B74 (wykonane zarówno jedną, jak i drugą aparaturą; Fig. 7.5.).

Interpretacja geologiczna wyników badań magnetotellurycznych miała charakter kompleksowy i została wykonana

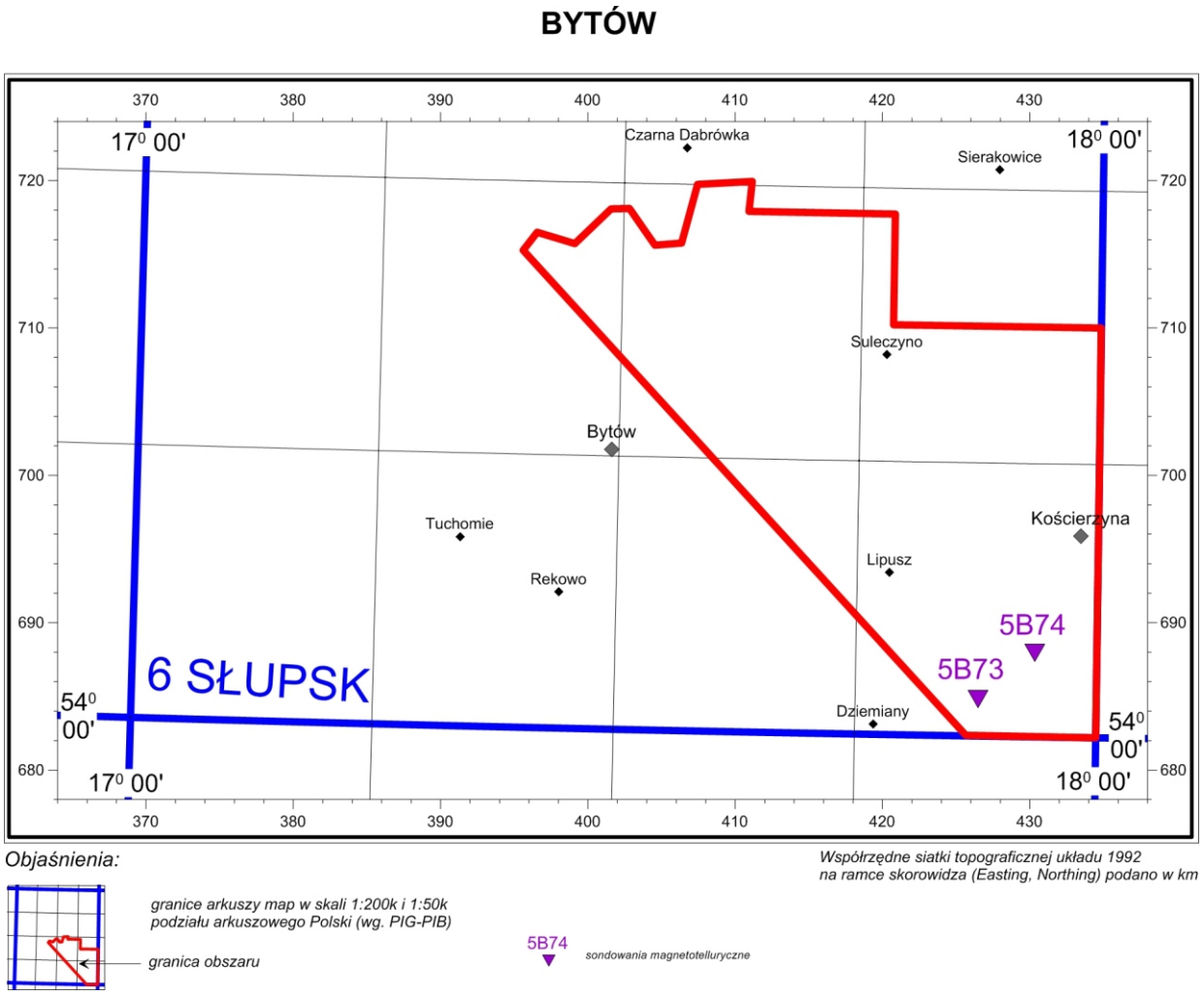



**Figura 7.5**. Lokalizacja sondowań magnetotellrycznych w obszarze przetargowym „Bytów” (na podstawie danych CBDG).

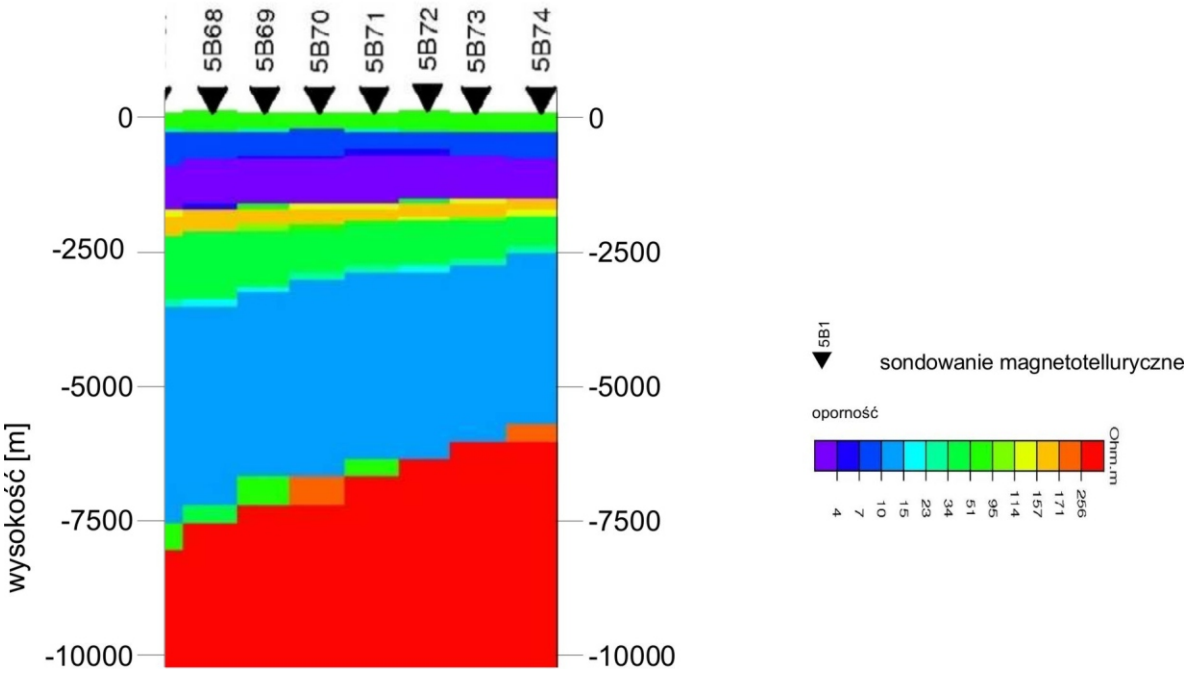



**Figura 7.6**. Wynik 2-D inwersji danych magnetotellurycznych z wykorzystaniem algorytmu SBI (Sharp Boundary Inverse) wzdłuż profilu BMT-5 (fragment; Stefaniuk i in., 2008).

przy współpracy z zespołem specjalistów Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie. Właściwa interpretacja poprzedzona została obszerną i wszechstronną analizą danych geofizycznych i geologicznych z obszaru Polski północno-zachodniej i konstrukcją modeli geologicznych i geofizyczno-geologicznych wzdłuż profili magnetotellurycznych. Wykonane zostały także modelowania 2D rozkładu pól potencjalnych wzdłuż powyższych profili. Najważniejszym rezultatem badań są przekroje oporności opracowane wzdłuż profili pomiarowych oraz modele geologiczne skonstruowane w rezultacie kompleksowej interpretacji danych magnetotellurycznych. Przykładowy wynik dwuwymiarowej inwersji danych magnetotellurycznych wzdłuż profilu BMT-5 z wykorzystaniem algorytmu SBI (*Sharp Boundary Inverse*) przedstawia Fig. 7.6. (Stefaniuk i in., 2008).

Zestawienie wyników badań geofizycznych w wersji cyfrowej na DVD zawiera następujące materiały dokumentacyjne:

1. Wykaz sondowań magnetotellurycznych.
2. Zestawienie wyników badań geofizycznych: m.in. krzywe pomiarowe (po processingu) do interpretacji w formacie EDI.
3. Zbiór magnetotellurycznych danych pomiarowych formacie EMI Phoenix Geophysics.

## 8. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI GEOLOGICZNEJ

Źródłem informacji dla oceny perspektywiczności występowania niekonwencjonalnych złóż węglowodorów na obszarze przetargowym „Bytów” są dane archiwalne, nieliczne informacje dotyczące nowego otworu Gapowo B-1 i Gapowo B-1A upublicznione przez firmę BNK oraz wyniki badań wykonywanych w ramach tematu realizowanego w PIG-PIB w latach 2013–2015, finansowanego przez NFOŚiGW pt. „Rozpoznanie stref perspektywicznych dla występowania złóż węglowodorów niekonwencjonalnych w Polsce – etap I”, którego raport końcowy, zawierający wszystkie wyniki badań, będzie dostępny w Narodowym Archiwum Geologicznym w Warszawie w kwietniu 2016 r.

### 8.1. OCENA PERSPEKTYWICZNOŚCI GEOLOGICZNEJ WRAZ Z OCENĄ MOŻLIWOŚCI ODKRYCIA I UDOKUMENTOWANIA ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW

Obszar przetargowy „Bytów” znajduje się w zasięgu północnej, lądowej części dawnego basenu bałtyckiego. Obszar ten należy do perspektywicznych obszarów dla poszukiwań niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego (Fig. 8.1.).

Prace poszukiwawcze w tym rejonie rozpoczęto w latach 60. Ich celem było odkrycie konwencjonalnych złóż węglowodorów. Wykonano wówczas profile sejsmiczne 2D zarejestrowane techniką analogową oraz odwiercono kilka badawczych otworów, z których jeden – Bytów IG 1 (głębokość końcowa 2569,7m) zlokalizowany był na obszarze obecnego obszaru przetargowego „Bytów”. Przeprowadzono opróbowanie utworów syluru górnego w interwale 1600–1542,6 m nie uzyskując przypływu węglowodorów. W otworze tym nie wykonano badań desorpcyjnych świeżego rdzenia w warunkach złożowych. Prace w tym rejonie nie zakończyły się odkryciem i udokumentowaniem złóż konwencjonalnych.

W roku 2009 firma BNK uzyskała koncesję na poszukiwanie węglowodorów, koncesja ta prawie w całości obejmowała obszar obecnego obszaru przetargowego „Bytów”. Firma BNK

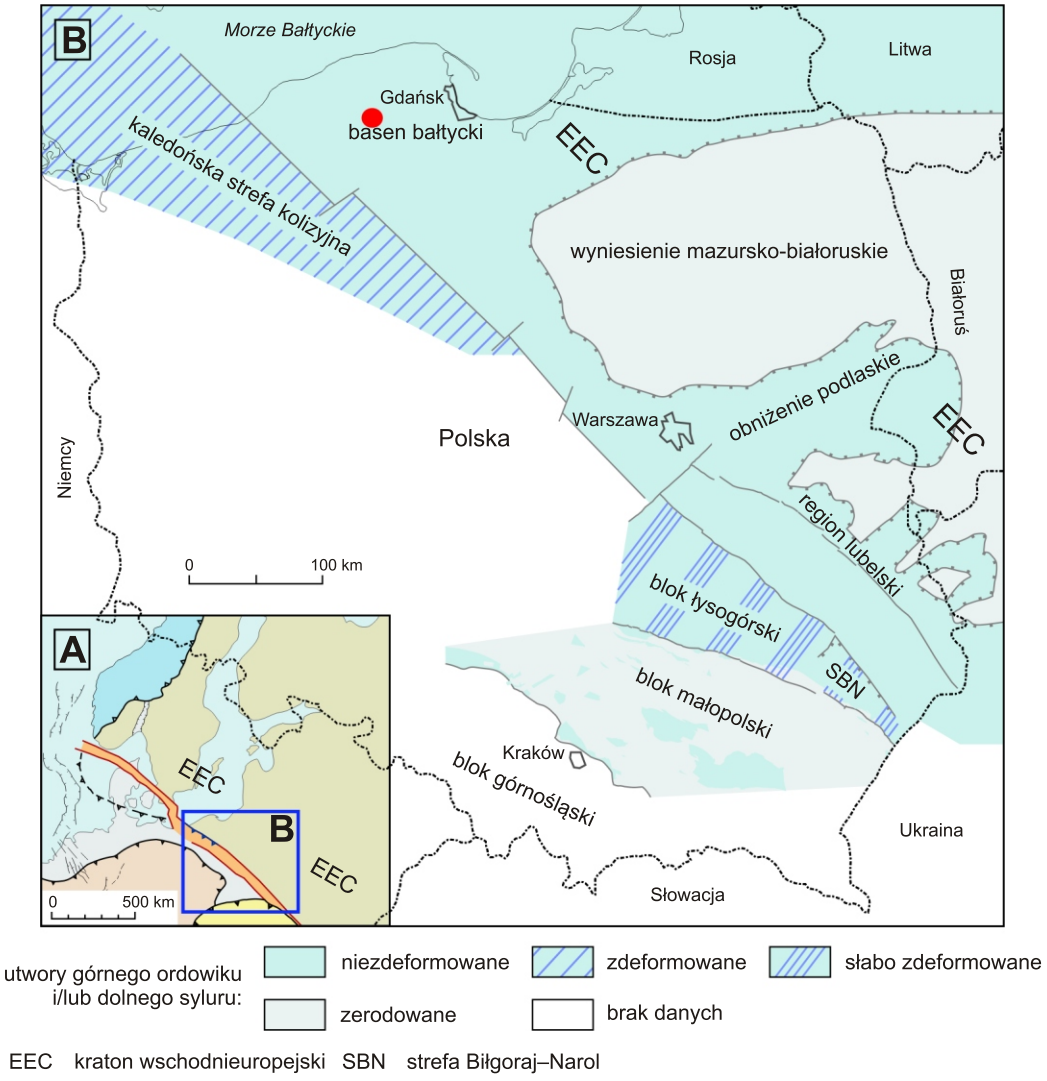



**Figura 8.1**. Szkic występowania perspektywicznych utworów dolnego paleozoiku; kolorem czerwonym zaznaczono przybliżoną lokalizację obszaru przetargowego „Bytów".

wykonała zdjęcie sejsmiczne 2-D 82,1 kmb. Część zadania geologicznego dla tego zdjęcia obejmowała omawiany obszar „Bytów".

Po interpretacji wyników odwiercono na tym obszarze parę otworów z jednej lokalizacji:

- otwór pionowy Gapowo B-1 wykonany w roku 2012 (głębokość końcowa: 4303m MD/4299.79m TVD),
- kierunkowy Gapowo B-1A z odcinkiem poziomym długości 2272 m (głębokość końcowa: 6058m MD/4183m TVD).

Celem otworu Gapowo B-1 było zlokalizowanie strefy najbardziej perspektywicznej w obrębie utworów syluru i ordowiku. Otwór przewiercił utwory czwartorzędu, neogenu, paleogenu, kredy, jury, triasu, permu, syluru, ordowiku i środkowego kambru, w których osiągnął głębokość końcową. W trakcie wiercenia wykonano rdzeniowanie wybranych interwałów w obrębie utworów paleozoiku, rdzenie poddano procesowi desorpcji w celu uzyskania informacji o zawartości węglowodorów w warunkach złożowych. Otwór był wiercony z ciągłym monitoringiem gazowym i wykonano w nim nowoczesne pomiary geofizyczne (informacja o rodzaju wykonanych pomiarów w rozdziale 5).

Wyniki pomiarów wykonanych na dawnej koncesji BNK Petroleum, zgodnie z obowiązującym Prawem Geologicznym i Górniczym (Dz.U. 2015 r., poz. 196 ze zm.) podlegają ochronie i nie mogą być zaprezentowane w niniejszym opracowaniu.

Opublikowane przez firmę BNK Petroleum dane informują o podstawowych parametrach petrofizycznych.

Poniżej przedstawiono jedyne ogólnodostępne informacje o badaniach rdzenia z interwału przewidzianego do stymulacji:

miąższość: 54 m,
porowatość: 3,9–6,1% (średnia 5,1%),
TOC: 1,1–4,2% (średnia 2,5%),
krzemionka/węglany: 46%,
zailenie: 43%,
inne: 11%,

Otwór kierunkowy Gapowo B-1A odwiercono w roku 2014. Zabieg szczelinowania hydraulicznego przeprowadzonego w interwale 4408,9–5859,8 m MD (1450 m) uzyskując przypływ gazu. Otwory Gapowo B-1 i Gapowo B-1A udokumentowały obecność potencjalnych formacji łupkowych dla występowania gazu łupkowego. Zawartość TOC w utworach landoweru jak i karadoku sa stosunkowo wysokie. Skład mineralny skał, ich własności geomechaniczne oraz porowatość i przepuszczalność pozwalają uważać je za potencjalną formację

zbiornikową. Dojrzałość termiczna łupków oraz skład chemiczny gazów występujących w górotworze wskazują, że można brać pod uwagę wydobycie wysokometanowego gazu suchego (Dokumentacja geologiczna inna, 2015). Pomimo niezbyt zadawalających przypływów gazu (niewielka ilość testów realizowanych w łupkach ogniwa Jantaru) w cytowanej Dokumentacji stwierdza się, ze w obszarze otworów Gapowo B-1 i Gapowo B-1A istnieje duży potencjał do osiągnięcia znacznie wyższych przypływów gazu dających szansę na komercyjną jego eksploatację.

Ponieważ dane upublicznione z otworów Gapowo B-1 i Gapowo B-1A są bardzo ograniczone, na potrzeby oceny perspektywiczności wykorzystano dane pochodzące z 2 otworów wiertniczych sąsiadujących z obszarem przetargowym „Bytów”: Lębork IG 1 i Kościerzyna IG 1 zlokalizowane na NW i SW od obszaru przetargowego, a dotyczące ich dane geologiczne wydają się dobrze charakteryzować skały wchodzące w skład systemu naftowego na obszarze „Bytów” (patrz rozdział 3 System naftowy).

Wyniki analiz geochemicznych materii organicznej (archiwalne i nowe) metodą RockEval, analiza biomarkerów, a także badań petrologicznych rozproszonej materii organicznej wskazują, że w obrębie profilu utworów dolnego paleozoiku na obszarze tym oraz w obszarze przyległym występuje kilka interwałów skał wzbogaconych w materię organiczną (TOC >0,5% wag.), które można uznać za skały macierzyste i potencjalnie zbiornikowe dla złóż typu *shale gas*. Materia organiczna rozproszona w utworach dolnego paleozoiku reprezentowana jest głównie przez zooklasty (np. graptolity, Chitinozoa), algi i stałe bituminy. Nisko przeobrażone skały macierzyste dolnego paleozoiku mają charakterystykę geochemiczną ropotwórczego kerogenu typu II, która w wyniku wysokiego przeobrażenia termicznego wykazuje geochemiczną charakterystykę kerogenu typu III lub IV. Dystrybucja materii organicznej w obrębie omawianych utworów nie jest równomierna. Całkowita zawartość materii organicznej, wyrażona wskaźnikiem TOC, osiąga najwyższe wartości w spągowej części skał wenloku (formacja z Pelplina), spągowej części skał landoweru (ogniwo iłowców bitumicznych Jantaru) oraz skał karadoku (formacja z Sasina).

Badania dojrzałości termicznej materii organicznej rozproszonej w utworach dolnego paleozoiku w otworach Lębork IG 1 i Kościerzyna IG 1 sugerują, że najbardziej perspektywiczne utwory dolnego syluru i górnego ordowiku w obrębie obszaru przetargowego „Bytów” mogą znajdować się w fazie przejrzałej względem generowania węglowodorów (>2% $R_o$), która nie wyklucza możliwości występowania gazu ziemnego w przestrzeni porowej lub w postaci zaadsorbowanej na materii organicznej i minerałach ilastych we wspomnianych formacjach łupkowych.

Firma BNK Petroleum, Inc. (2011) upubliczniła mapę dojrzałości termicznej materii organicznej rozproszonej w utworach dolnego syluru i ordowiku, z której wynika, że obszar przetargowy „Bytów” może znajdować się na nieco niższym stopniu przeobrażenia termicznego względem badań archiwalnych, lokując niemal cały obszar przetargowy w fazie generowania gazu suchego (tzw. okno gazowe; <2% $R_o$). Pozostała część obszaru może znajdować się w strefie przejściowej pomiędzy końcową fazą generowania gazu suchego, a początkiem fazy przejrzałej (>2% $R_o$).

Przeprowadzona w utworach syluru analiza biomarkerów prostych (n-alkanów) pochodzących z materii organicznej wykazała, iż pochodzi ona z rozpadu alg i bakterii, czyli ma

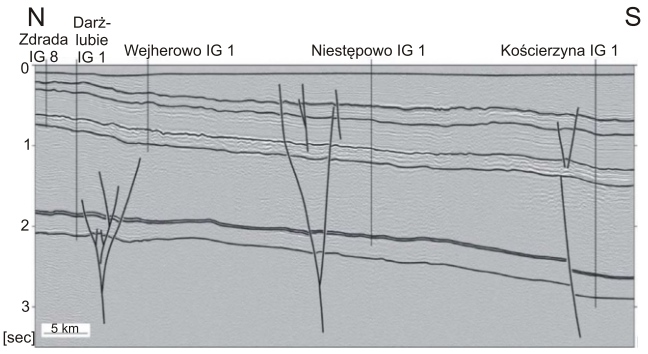



**Figura 8.2**. Styl tektoniczny i stopień deformacji obszaru na podstawie interpretacji (wg Krzywiec, 2011).

charakter „ropotwórczy”. Szczegółowa analiza biomarkerów pozwala sądzić, iż materia organiczna jest dobrze przeobrażona.

Mułowcowo-ilaste utwory środkowego i górnego ordowiku (sandb-kat) formacji z Sasina; punktowo wykazują charakter skał macierzystych. Utwory wenloku generalnie wykazują cechy skał macierzystych dla generowania węglowodorów. Podwyższona punktowo zawartość bituminów wydzielona z utworów ludlowu ma charakter epigenetycznych z osadem.

Styl tektoniczny omawianego obszaru, a przede wszystkim niski stopień deformacji nieciągłej (Fig. 8.2.) oraz duża miąższość (>2000 m) utworów dolnego paleozoiku wyraźnie sprzyja perspektywiczności. Obszar Bytów posiada bardzo dobre warunki geologiczne w najbliższym sąsiedztwie otworów Gapowo B-1 i Gapowo B-1A jednak warunki te pogarszają się w kierunku południowo-zachodnim ze względu na wzrost głębokości zalegania poszczególnych perspektywicznych formacji łupkowych.

Wzrastająca głębokość zalegania łupków przy południowo-zachodniej granicy omawianego obszaru oraz możliwość wystąpienia skomplikowanej budowy tektonicznej w miarę zbliżania się do strefy Teisseyre’a-Tornquista mogą spowodować podwyższenie ryzyka poszukiwawczego i kosztów wierceń w tej części obszaru przetargowego (Kiersnowski & Dyrka, 2013).

W obrębie obszaru przetargowego „Bytów” rozpatrywany jest dolnopaleozoiczny, niekonwencjonalny system naftowy typu *continuous play*, w którym rolę skał macierzystych, jak i zbiornikowych odgrywają mułowce i iłowce syluru i ordowiku. Górnokambryjskie łupki formacji z Piaśnicy – tzw. łupki ałunowe – mogą osiągać maksymalną miąższość ok. kilku metrów na obszarze przetargowym „Bytów”, dlatego nie są brane pod uwagę jako skały macierzyste w omawianym systemie naftowym. Skały wyższego syluru (wyższego ludlowu i przydolu) stanowiące bezpośredni nadkład, a przede wszystkim cechsztyńskie ewaporaty postrzega się jako skały uszczelniające system naftowy (Fig. 3.10. i 3.11.).

W obrębie obszaru przetargowego „Bytów” nie należy wykluczyć także możliwości istnienia drugoplanowego, konwencjonalnego systemu naftowego, składającego się z środkowo- i dolnokambryjskich piaskowców, stanowiących potencjalną skałę zbiornikową, kambryjskich wkładek mułowcowo-ilastych oraz nadległych mułowców i iłowców sylursko-ordowickich, stanowiących poziomy macierzyste oraz mułowców i iłowców sylursko-ordowickich, jak i ewaporatów cechsztyńskich, pełniących funkcję skał uszczelniających.

### 8.2. MINIMALNY ZAKRES PRAC DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO „BYTÓW”

Należy zaznaczyć, że proponowany obszar przetargowy „Bytów” jest na bardzo wczesnym etapie rozpoznania złożowego i w chwili obecnej nie ma możliwości zaplanowania prac fazy rozpoznawczej złoża, a zakres prac zaproponowany poniżej dotyczy jedynie fazy poszukiwawczej.

W celu zmniejszenia ryzyka poszukiwawczego należy wykonać dodatkowe prace i roboty poszukiwawcze. Działania te umożliwią podjęcie decyzji o celowości dalszych prac zmierzających do udokumentowania złoża.

Minimalny zakres prac niezbędnych do zmniejszenia ryzyka poszukiwawczego na obszarze „Bytów” to:

1. Reprocessing i reinterpretacja archiwalnych danych sejsmicznych, wykonanie 25 kmb sejsmiki 2D.
2. Odwiercenie dwóch par otworów (otwór pionowy oraz otwór kierunkowy z tej samej lokalizacji) o głębokościach do 5000 m (TVD).
3. Wykonanie próbnej eksploatacji z odwiertów.

## 9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE


Al-Hajeri M.M., Al Saeed M., Derks J., Fuchs T., Hantschel T., Kaureauf A., Neymaier M., Schenk O., Swientek O., Tessen M., Welte D., Wygrala B., Kornpihl D., Peters K., 2009. Basin and Petroleum System Modeling. Oilfield Review Summer, **21** (2): 14–29.

Bednarczyk W., Turnau-Morawska M., 1975. Litostratygrafia osadów kambru i wendu w rejonie Łeby. Acta Geol. Pol., **25**: 537–566.

Bergström S., 1982. Scania. In: 4th Int. Symp. On the Ordovician System Oslo-Norway. Field Exc. Guide (eds. D. Bruton, S.H. Williams). Paleont. Contr. Univ. Oslo, **279**: 184–197.

Biniak G., Chudy K., Marszałek H., Wąsik M., 2002a. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Słupi i Orzechowej. NAG, Warszawa (Inw. 858/2003).

Biniak G., Chudy K., Marszałek H., Wąsik M., 2002b. Dokumentacja hydrogeologiczna zbiornika wód podziemnych GZWP Nr 117 Bytów. NAG, Warszawa (Inw. 857/2003).

Bojarski L., 1963. Pomiary geofizyczne + karta otworu: Bytów IG-1. CAG PIG, Warszawa (Arch. 67691).

Bojarski L., Kwolek T., 1982. Wyniki badań próbek złożowych oraz badań poziomów wodonośnych. W: Kościerzyna IG-1 (red. Z. Modliński). Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., **54**: 291–304.

Botor D., Kosakowski P., 2000. Zastosowanie modelowań numerycznych do rekonstrukcji paleotemperatur i procesów generowania węglowodorów. Prz. Geol., **48**: 154–161.

Czapowski G. 1987. Sedimentary facies in the Oldest Rock Salt (Na1) of the Łeba elevation (northern Poland). Lecture Notes of Earth Sciences, **10**: 207–224.

Dadlez R., 1982. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura dolna. w: Kościerzyna IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., **54**: 128.

Dadlez R., Gajewska I., Szyperko-Śliwczyńska A. 1982. Trias. W: Kościerzyna IG 1 (red. Z. Modliński). Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., **54**: 24–31, 119–125.

Dayczak-Calikowska K., 1977. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura środkowa. w: Bytów IG 1.(red. H.Tomczyk) Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., **40**: 72–75.

Dąbrowski J., 1982. Wyniki badań własności fizycznych skał. W: Kościerzyna IG-1 (red. Z . Modliński) Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., **54**: 240–249.

Deczkowski, Z., Gajewska I., Maliszewska, A., Marcinkiewicz, T., 1997. Trias górny. W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce (red. S. Marek & M. Pajchlowa). Prace Państw. Inst. Geol., **143**: 151–194.

Dembowska J., 1977. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Jura górna. W: Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., **54**: 77–78.

Dembowska J., 1979. Systematyzowanie litostratygrafii jury górnej w Polsce północnej i środkowej. Kwart. Geol., **23** (3): 617–630.

Dokumentacja geologiczna inna sporządzona w przypadku wykonania prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny dla koncesji "Bytów" nr 17/2010/p, 2015. Indiana Investments Sp. z o.o. Warszawa.

Duda W., Bochnia N., 1969. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Synklinorium Pomorskie, Darłowo-Bytów-Starogard Gdański-Sztum, 1967–1968. NAG, Warszawa (Inw. 1473 Kat. 32/136).

Dyrka I., 2015. Analiza tempa depozycji oraz modelowanie historii termicznej i warunków pogrzebania. W: Lębork IG-1 (red. T. Podhalańska & M. Sikorska-Jaworowska). Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **145**: 153–156.

Gajewska I., Senkowiczowa H., Sikorska-Jaworowska M., Jaworowski K., 1997. Trias środkowy. W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce (red. S. Marek & M. Pajchlowa). Prace Państw. Inst. Geol., **143**: 133–150.

Gondek B., 1980. Geochemia n-alkanów występujących w skałach osadowych Niżu Polskiego. Prace Inst. Geol., **47**: 1–43.

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.

Hancock J.M., 1989. Sea-level changes in the British region during the Late Cretaceous. Proc. Geol. Assoc., **100**: 565–594.

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.

Hulboj A., Kapuściński J., Kubiczek I., Niewiarowicz J., Sierawska M., 2013. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Wdy i zlewni Mątawy. NAG, Warszawa (Inw. 1993/2014).

Iwanow A., 1998. Paleogeografia późnego piaskowca pstrego, wapienia muszlowego, kajpru i retyku. Tablice 15–19, 22–26. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce (red. R. Dadlez, S. Marek & J. Pokorski). Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej, Warszawa.

Iwanow A., Kiersnowski H., 1998. Paleogeografia wczesnego i środkowego piaskowca pstrego. Tablice 11–13. W: Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce (red. R. Dadlez, S. Marek & J. Pokorski). Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej, Warszawa.

Jaanusson V., 1976. Faunal dynamics in the Middle Ordovician (Viruan) of Baltoscandia. The Ordovician System: 301–326. Univ. of Wales Press and National Mus. of Wales.

Jaskowiak-Schoeneichowa M., 1977. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Kreda. W: Bytów IG1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol. (red. H. Tomczyk), **40**: 79–83.

Jaworowski K., 1998. Litostratygrafia kambru. W: Ocena perspektyw poszukiwawczych złóż ropy naftowej i gazu ziemnego w utworach kambru syneklizy bałtyckiej na podstawie analizy basenów sedymentacyjnych starszego paleozoiku (red. Z. Modliński i in). CAG PIG, Warszawa (Inw. 2903/98).

Jaworowski K. 2000. Facies variability in the Cambrian deposits from the Kościerzyna and Gdańsk sections (Pomerania Caledonides foreland, northern Poland): a comparative study. Geol. Quart., **44** (3): 249–260.

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: Słupsk IG 1 (red. Z. Modliński). Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **116**: 55–6.

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**.

Jaworowski K., Sikorska M., 2010. Mapa litofacjalno-paleomiąższosciowa formacji żarnowieckiej ediakar – dolny kambr. W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich (red. Z. Modliński). PIG–PIB, Warszawa.

Karaczun M., Karaczun K., 1978. Mapa magnetyczna Polski. Anomalie składowej pionowej „Z” magnetyzmu ziemskiego, 1:200 000. Wyd. Geol., Warszawa.

Karaczun K., Karaczun M., Bilińska M. Uhrynowski A., 1978. Mapa magnetyczna Polski. Anomalie składowej „Z” magnetyzmu ziemskiego, 1:500 000. Wyd. Geol., Warszawa.

Kiersnowski H., Dyrka I., 2013. Potencjał złożowy ordowicko-sylurskich łupków gazonośnych w Polsce: omówienie dotychczasowych raportów i propozycje udoskonalenia metodyki oceny zasobów gazu w raporcie w 2014 r. Prz. Geol., **61** (6): 354–373.

Kleszcz T., 1975. Dokumentacja badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Profile regionalne Chociwel-Lębork (A) oraz Gorzów Wlkp.-Bytów (B), 1974–75 r. NAG, Warszawa (Inw. 1859 Kat. 33/154).

Kondracki J., 2009. Geografia regionalna Polski. PWN.

Kosobudzka I., 1988. Dokumentacja częściowa badań magnetycznych T temat: Polska zachodnia, centralna i

południowo-wschodnia, 1987 r. NAG, Warszawa (Inw. 39253 Kat. 32/210).

Kosobudzka I., 1991. Sprawozdanie z półszczegółowych badań magnetycznych delta T. Temat: Polska zachodnia, centralna i południowo-wschodnia rok 1990. NAG, Warszawa (Inw. 1287/91).

Kosobudzka I., 2002. Dokumentacja, temat: „Półszczegółowa mapa magnetyczna *T* w brzeżnej strefie platformy prekambryjskiej 1998–2002 r.". NAG, Warszawa (Inw. 1311/2002).

Kosobudzka I., Paprocki A., 1997. Półszczegółowe badania magnetyczne *T* Polski zachodniej, centralnej i południowo-wschodniej, 1996–1997. NAG, Warszawa (Inw. 812/98; Inw. 338/98).

Kotarba M.J. (red.), 2008. Systemy naftowe i perspektywy poszukiwawcze utworów staropaleozoicznych polskiego sektora Morza Bałtyckiego między Łeba a Kamieniem Pomorskim. Opracowanie AGH.

Kotarba M.J., A. Kowalski, D. Więcław., 1994. Nowa metoda obliczeń wskaźnika CPI i wykorzystanie badań dystrybucji n-alkanów i izoprenoidów prospekcji naftowej. Sympozjum IGNiG – Badania geochemiczne petrofizyczne w poszukiwaniach ropy naftowej i gazu ziemnego. Balice k/Krakowa: 82–91.

Kreczko M., 2002a. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Bytów (0050). NAG, Warszawa (Inw. 1603/2002).

Kreczko M., 2002b. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Pomysk Wielki (0051). NAG, Warszawa (Inw. 1604/2002).

Kreczko M., 2002c. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Studzienice (0087). NAG, Warszawa (Inw. 1606/2002).

Kreczko M., Kozerski B., 2000. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Kościerzyna (0088). NAG, Warszawa (Inw. 1697/2000 Kat. 424).

Królikowski C., Petecki Z., 1995. Gravimetric Atlas of Poland. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

Krzywiec P., 2011. Interpretacja tektoniczna profili sejsmicznych w rejonie otworu wiertniczego Darżlubie IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **128**: 151–153.

Kudaś E., 1982. Wyniki badań geofizyki wiertniczej. W: Kościerzyna IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol. (red. Z. Modliński), **54**: 273–280.

Langier-Kuźniarowa A., 1964. Bentonity sylurskie na Niżu Polskim. Kwart. Geol., **8** (2): 397.

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): 297–299.

Langier-Kuźniarowa A., 1974a. Ordowik. W: Skały platformy prekambryjskiej w Polsce, cz. 2. Pokrywa osadowa. Pr. Inst. Geol., **74**: 48–60.

Langier-Kuźniarowa A., 1974b. Sylur. W: Skały platformy prekambryjskiej w Polsce, cz. 2. Pokrywa osadowa. Pr. Inst. Geol. , **74**: 60–71**.**

Langier-Kuźniarowa A., 1977. Sylur. W: Wyniki badań petrograficznych. Bytów IG 1 (red. H. Tomczyk). Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **40**.

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. NAG, Warszawa.

Langier Kuźniarowa A., 2015. Petrografia ordowiku i syluru. W: Lębork IG 1 (red. T. Podhalańska & M. Sikorska-Jaworowska). Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **145**: 66–74.

Lidzbarski M., Kozerski B., 2000. Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami, arkusz Stężyca (0052). NAG, Warszawa (Inw. 1695/2000 Kat. 453.

Łaszczyńska B., Okulus H., Wojas A., 1981. Dokumentacja badań geofizycznych, temat: Poszukiwania złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych (obszary: Lubowo, Zaborze-Biała Góra, Przybkowo, Radomyśl), rok badań 1980, r. NAG, Warszawa (Inw. 2106 Kat. 3223/152).

Malinowski J. (red.), 1991. Budowa geologiczna Polski. Tom VII Hydrogeologia. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Modliński Z., 1968. Ordowik na Pomorzu Zachodnim. Kwart. Geol., **12** (3): 488–492.

Modliński Z. (red.), 1982. Kościerzyna IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Inst. Geol., **54**.

Modliński Z. (red.), 2007. Słupsk IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **116**.

Modliński Z. (red.) 2010. Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich. PIG–PIB, Warszawa.

Modliński Z., Jacyna J., Kanev S., Khubldikov A., Laskova L., Laskovas J., Lendzion K., Mikazane I., Pomeranceva R., 1999. Palaeotectonic evolution of the Baltic Syneclise during the Early Palaezoic as documented by palaeothickness maps. Geol. Quart., **43** (3): 285–296.

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):109–121.

Modliński Z., Szymański B., 2010. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa karadoku W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich (red. Z. Modliński). PIG–PIB, Warszawa.

Modliński Z., Szymański B., Teller., 2006. Litostratygrafia syluru polskiej części obniżenia perybałtyckiego – część lądowa i morska (N Polska). Prz. Geol., **54** (9): 787–796.

Modliński Z., Podhalańska T., Szymański B., 2010a. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa landoweru W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich (red. Z. Modliński). PIG–PIB, Warszawa.

Modliński Z., Podhalańska T., Szymański B., 2010b. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa wenloku W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich (red. Z. Modliński). PIG–PIB, Warszawa.

Modliński Z., Podhalańska T., Szymański B., 2010c. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa ludlowu W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich (red. Z. Modliński). PIG–PIB, Warszawa.

Modliński Z., Podhalańska T., Szymański B., 2010d. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa przydolu W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich (red. Z. Modliński). PIG–PIB, Warszawa.

Okulus H., Wasiak I., 1970. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetryczno-magnetycznych. Temat: Wyniesienie Łeby i Synekliza Perybałtycka, 1970. NAG, Warszawa (Inw. 1636 Kat. 33/138).

Ostrowski C., 2004. Dokumentacja badań grawimetrycznych w rejonie Kościerzyna-Gdańsk, 2003. NAG, Warszawa (Inw. 4516/2013 Kat**.** G-630 PBG).

Ostrowski C., Stefaniuk M., 2004. Dokumentacja kompleksowej interpretacji geofizycznej w rejonie Kościerzyna-Gdańsk, 2004 r. NAG, Warszawa (Inw. 4518/2013 Kat. G-32 PBG).

Pacześna J., 2010a. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa kambru środkowego W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich (red. Z. Modliński). PIG–PIB, Warszawa.

Pacześna J., 2010b. Mapa litofacjalno-paleomiąższościowa kambru górnego W: Atlas paleogeologiczny podpermskiego

paleozoiku kratonu wschodnioeuropejskiego w Polsce i na obszarach sąsiednich (red. Z. Modliński). PIG–PIB, Warszawa.

Paczyński B., Sadurski A. (red.), 2007.Hydrogeologia regionalna Polski. Tom I Wody słodkie. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

Pazdro J., 1977. Wyniki opróbowania poziomów zbiornikowych. W: Bytów IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol. Instytutu Geologicznego (red. H. Tomczyk), **40**: 146–165.

Pergół S., Sokołowski J., 2014. Bilans zasobów eksploatacyjnych i dyspozycyjnych wód podziemnych Polski wg stanu na dzień 31 grudnia 2013 r. PIG–PIB Warszawa.

Peryt T.M., 1986. The Zechstein (Upper Permian) Main Dolomite deposits of the Leba elevation, northern Poland: Facies and depositional history. Facies, **14**: 151–200.

Peryt T.M., 1990. Cechsztyński anhydryt górny (A1g) na obszarze polskiej części syneklizy perybałtyckiej. Biul. Inst. Geol., **364**: 5–29.

Peryt T.M., Czapowski G., Gąsiewicz A., 1992. Facje i paleogeografia cechsztynu zachodniej części syneklizy perybałtyckiej. Prz. Geol., **40** (4): 223–233.

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.

Podhalańska T., 2009. Późnoordowickie zlodowacenie Gondwany – zapis zmian środowiskowych w sukcesji osadowej obniżenia bałtyckiego. Pr. Państw. Inst. Geol., **193**.

Podhalańska T., Sikorska-Jaworowska M., 2015. Lębork IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **145**.

Pokorski J., 2010. Geological section through the lower Paleozoic strata of the Polish part of the Baltic region. Geol. Quart., **54** (2): 123–130.

Pokorski J., Modliński Z. (red), 2007. Geological Map of the Western and Central Part of the Baltic Depression without Permian and Younger Deposits (in Polish with English summary). Państw. Inst. Geol., Warszawa.

Poprawa P., 2006a. Neoproterozoiczny rozpad superkontynentu Rodinii/Pannotii — zapis w rozwoju basenów osadowych na zachodnim skłonie Baltiki. Pr. Państw. Inst. Geol., **186**: 165–188.

Poprawa P., 2006b. Rozwój kaledońskiej strefy kolizji wzdłuż zachodniej krawędzi Baltiki oraz jej relacje do basenu przedpola. Pr. Państw. Inst. Geol., **186**: 189–214.

Poprawa P., 2007. Analiza historii termicznej, warunków pogrzebania oraz historii generowania i ekpulsji węglowodorów. W: Słupsk IG-1 (red. Z. Modliński). Profile Gł. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **116**: 106–108.

Poprawa P., 2010a. Potencjał występowania złóż gazu ziemnego w łupkach dolnego paleozoiku w basenie bałtyckim I lubelsko-podlaskim. Prz. Geol., **58** (3): 226–249.

Poprawa P., 2010b. Analiza osadów ilasto-mułowcowych w Polsce pod kątem możliwości występowania w nich niekonwencjonalnych nagromadzeń gazu ziemnego. Biul. Państw. Inst. Geol., **439**: 159–172.

Poprawa P., Pacześna 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.

Poprawa P., Šliaupa S., Stephenson R.A., Lazauskienë J., 1999. Late Vendian-Early Palaeozoic tectonic evolution of the Baltic Basin: regional implications from subsidence analysis. Tectonophysics, **314**: 219–239.

Raport geologiczny z odwiertu poszukiwawczego Gapowo B-1, 2013. Indiana Investments Sp. z o.o. Warszawa.

Reicher B., 2006. Strukturalno-litofacjalne uwarunkowania akumulacji węglowodorów w utworach kambru syneklizy bałtyckiej. Praca doktorska nieopublikowana. Kraków, AGH.

Rodzoch A., Muter K., Karwacka K., Sobczak A., Oficjalska H., Dobkowska A., Krawczyński J., Krawczyńska B., 2007. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Raduni i Motławy. NAG, Warszawa (Inw. 634/2008).

Sarna W., 1961. Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Bytów IG-1. CAG PIG, Warszawa (Kat. B203 VS).

Staśko S., Koślacz R., Szlufik A., Tomaszewski B., Łęczyński L., Glaza E., Gajewski L., Gajewski Ł., 2004. Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych z utworów czwartorzędowych i trzeciorzędowych zlewni Łupawy. NAG, Warszawa (Inw. 2198/2004).

Stefaniuk M., Wojdyła M., Petecki Z., Pokorski J., 2008. Dokumentacja badań geofizycznych Temat: Budowa geologiczna pokrywy osadowej i podłoża krystalicznego segmentu pomorskiego bruzdy śródpolskiej na podstawie kompleksowych badań geofizycznych /profilowań magnetotelluricznych/ Etap I: 2007–2008. NAG, Warszawa (Inw. 1277/2009).

Stefaniuk M., Wojdyła M., 2004. Dokumentacja badań magnetotellurycznych w rejonie Kościerzyna-Gdańsk. NAG, Warszawa (Inw. 4868/2013 Kat. E-1596 PBG).

Szymański B., Modliński Z. 2003. Nowelizacja stratygrafii syluru w wybranych profilach wiertniczych obniżenia bałtyckiego (Polska północna). Biul. Państw. Inst. Geol., **405**: 109–138.

Szyperko-Śliwczyńska A., 1977. Trias. W: Bytów IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol. (red. H. Tomczyk), **40**: 27–38, 67–71.

Szyperko-Teller, A., 1986. Wyniki badań stratygraficznych i litologicznych. Trias. W: Hel IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol. (red. A. Witkowski), **63**: 87–89.

Szyperko-Teller, A., Moryc, W., 1988. Rozwój basenu sedymentacyjnego pstrego piaskowca na obszarze Polski. Kwart. Geol., **32** (1): 53–72.

Szyperko-Teller, A., Senkowiczowa, H., Kuberska, M., 1997. Trias dolny (pstry piaskowiec). W: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce (red. S. Marek & M. Pajchlowa). Prace PIG, **143**: 83–132.

Święcicka-Pawliszyn J., 1975. Dokumentacja badań geoelektrycznych, temat: Profile regionalne – profil A (Moryń-Lębork), 1975 r. NAG, Warszawa (Inw. 45706 Kat. 33/174).

Tomczyk H. (red.), 1977. Bytów IG 1. Profile Głęb. Otw. Wiertn. Państw. Inst. Geol., **40**.

Tomczyk, H., 1990. Korelacja biostratygraficzna syluru Polski z innymi obszarami. W: M. Pajchlowa (red.), Budowa Geologiczna Polski 3. Atlas skamieniałości przewodnich i charakterystycznych I a. Paleozoik starszy (z proterozoikiem górnym): 273–279. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.

Węgrzyn A., Nowakowski C., Czerwińska M., Żerebiec-Chmielewska A., Grzebulska B., Nowicki K., Sobolewska A., Sopel Ł., Woźniak M., Traczyk T., 2010. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zlewni Wierzycy wraz z obszarami bezpośrednich lewostronnych zlewni Wisły na odcinku od ujścia Mątawy po wodowskaz Tczew. NAG, Warszawa (Inw. 110/2011).

Znosko J. (red.), 1998. Atlas tektoniczny Polski. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

Srtony internetowe:

- http://www.bnkpetroleum.pl/pdf/Current_Presentation.pdf
- http://www.bnkpetroleum.com/operations/europe/poland/baltic-basin
- http://www.bnkpetroleum.pl/pl/dzialalnosc/mapa-dzialalnosci/koncesji?wellsite=Slupski
- http://www.nfosigw.gov.pl/bazawiedzy/ekspertyzy-dof-przez-nfosigw/ - “Określenie zakresu oddziaływania procesu poszukiwania i eksploatacji niekonwencjonalnych złóż węglowodorów na środowisko, z uwzględnieniem terminów poszczególnych prac, infrastruktury podziemnej i przesyłowej, a w szczególności określenia charakteru i zakresu oddziaływania”. Warszawa, 2014. Publikacja z realizacji tematu nr 012/2012

- http://otworywiertnicze.pgi.gov.pl/ - CBDG (2015) - Centralna Baza Danych Geologicznych. Litostratygrafia, Chronostratygrafia, Litologia, weryfikacja 2008
- BNK Petroleum, Inc. Corporate Presentation, December 2011
- http://chrisfugiel.pl/data/public/3_files/WPN/2011_BNK_Shale_Gas.pdf
- http://pubs.usgs.gov/fs/2012/3102/
- http://pubs.usgs.gov/fs/2015/3015/
- http://pubs.usgs.gov/of/2011/1167/