Państwowy Instytut Geologiczny
Państwowy Instytut Badawczy
państwowa służba geologiczna
państwowa służba hydrogeologiczna

Ocena perspektywiczności geologicznej Polski pod względem możliwości odkrycia nowych złóż węglowodorów oraz przygotowanie materiałów na potrzeby postępowań prowadzonych w celu udzielenia koncesji węglowodorowych – etap IV.

UMOWA NFOŚiGW nr 307/2021/Wn-07/FG-sm-dn/D z dnia 21.04.2021 r.
Zadanie 22.5004.2101.00.1

Pakiet danych geologicznych do postępowania przetargowego na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż ropy naftowej i gazu ziemnego oraz wydobywanie ropy naftowej i gazu ziemnego ze złóż

Obszar przetargowy
Koło

Opracował:
Zespół pod kierunkiem
mgr inż. Sary WRÓBLEWSKIEJ
i dr inż. Adama WÓJCICKIEGO

NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA i GOSPODARKI WODNEJ

Koordynator zadania:
dr Krystian WÓJCIK

Warszawa, 2023 r.

Skład zespołu

mgr inż. Sara WRÓBLEWSKA – kierownik zespołu

dr inż. Adam WÓJCICKI – kierownik zespołu

mgr Dariusz BRZEZIŃSKI

mgr Martyna CZAPIGO-CZAPLA

dr hab. Grzegorz CZAPOWSKI, prof. PIG-PIB

mgr inż. Joanna FABIAŃCZYK

dr Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

dr Anna GABRYŚ-GODLEWSKA

dr Marek JASIONOWSKI

mgr inż. Dominika KAFARA

dr Hubert KIERSNOWSKI

mgr inż. Sylwia KIJEWSKA

mgr Aleksandra KŁOS

mgr Paulina KOSTRZ-SIKORA

mgr Przemysław KOWALSKI

dr Aleksandra KOZŁOWSKA

dr Olimpia KOZŁOWSKA

dr Marta KUBERSKA

dr Krzysztof LESZCZYŃSKI

mgr Marcin ŁOJEK

mgr Elżbieta PRZYTUŁA

dr inż. Olga ROSOWIECKA

inż. Leszek SKOWROŃSKI

mgr Marcin TYMIŃSKI

dr Paweł URBAŃSKI

mgr Krzysztof WAŚKIEWICZ

mgr Piotr WESOŁOWSKI

mgr inż. Dorota WĘGLARZ

mgr inż. Michał WOROSZKIEWICZ

Pakiet danych geologicznych dla obszaru przetargowego Koło został przygotowany w ramach umowy z NFOŚiGW na realizację zadania pn. „Ocena perspektywiczności geologicznej Polski pod względem możliwości odkrycia nowych złóż węglowodorów oraz przygotowanie materiałów na potrzeby postępowań prowadzonych w celu udzielenia koncesji węglowodorowych – etap IV”. Zgodnie z art. 49.f Ustawy z dnia 9 czerwca 2011 roku Prawo geologiczne i górnicze (Dz.U. 2011 Nr 163 poz. 981; t.j. Dz.U. z 2023 r. poz. 633) obszary przeznaczone do postępowania przetargowego ustala organ koncesyjny we współpracy z państwową służbą geologiczną. Obszar przetargowy Koło został wskazany do przetargu przez Ministra Środowiska na podstawie „Ogłoszenia o granicach przestrzeni, dla których planowane jest wszczęcie postępowania przetargowego na koncesje na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż w 2022 r. (6 runda przetargowa)” z dnia 30 czerwca 2021 r. (pismo znak: DGK-WW.740.1.2021.JS).

Dane o budowie geologicznej i potencjale złożowym obszaru przetargowego Koło obejmują informację geologiczną będącą własnością Skarbu Państwa, dostępną w zasobach Narodowego Archiwum Geologicznego PIG-PIB oraz w ogólnodostępnych publikacjach naukowych. Źródła zamieszczonych informacji są zawarte w końcowej części pakietu danych geologicznych. Dane źródłowe, dotyczące w szczególności sejsmiki 2D i 3D, a także wyniki badań przeprowadzonych w otworach wiertniczych, karotaże oraz wyniki innych analiz istotnych z punktu widzenia poszukiwań naftowych, wraz z ich wyceną, zostały zebrane i będą dostępne do wglądu w ramach „data roomu”, zorganizowanego w Czytelni Narodowego Archiwum Geologicznego w Warszawie w trakcie trwania 6. rundy przetargowej.

Spis treści

1. WSTĘP 5
Anna Gabryś-Godlewska, Dominika Kąfara, Aleksandra Kłos, Paulina Kostrz-Sikora, Olimpia Kozłowska, Adam Wójcicki, Sara Wróblewska, Krystian Wójcik

1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM 5
1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE 8

2. BUDOWA GEOLOGICZNA 13
Grzegorz Czapowski, Anna Feldman-Olszewska, Marek Jasionowski, Hubert Kiersnowski, Aleksandra Kozłowska, Marta Kuberska, Krzysztof Leszczyński, Elżbieta Przytuła, Paweł Urbański, Krzysztof Waśkiewicz, Piotr Wesołowski, Dorota Węglarz, Adam Wójcicki, Sara Wróblewka

2.1. OGÓLNY ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ 13
2.2. TEKTONIKA 18
2.3. STRATYGRAFIA 24
2.3.1. KARBON 24
2.3.2. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC 26
2.3.3. PERM – CECHSZTYN 29
2.3.4. TRIAS 34
2.3.5. JURA 35
2.3.6. KREDA 41
2.3.7. KENOZOIK 44
2.4. HYDROGEOLOGIA 45

3. SYSTEM NAFTOWY 54
Hubert Kiersnowski, Krzysztof Waśkiewicz, Adam Wójcicki, Sara Wróblewska

3.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA NAFTOWA OBSZARU PRZETARGOWEGO 54
3.2. SKAŁY MACIERZYSTE 55
3.3. SKAŁY ZBIORNIKOWE 60
3.4. SKAŁY USZCZELNIAJĄCE 64
3.5. SYSTEM NIEKONWENCJONALNY 64
3.6. GENERACJA, MIGRACJA, AKUMULACJA I PUŁAPKI WĘGLOWODORÓW 67

4. CHARAKTERYSTYKA ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW 72
Dariusz Brzeziński, Martyna Czapigo-Czapla, Joanna Fabiańczyk, Przemysław Kowalski, Marcin Tymiński, Michał Woroszkiewicz

5. OTWORY WIERTNICZE 73
Marcin Łojek, Leszek Skowroński, Krystian Wójcik

5.1. INFORMACJE OGÓLNE 73
5.2. AUGUSTYNOWO 1 75
5.3. BANACHÓW IG-1 75
5.4. BIERZWIENNA K-31 78
5.5. BOLESŁAW-1 78
5.6. DŁUGIE K-68 79
5.7. GOPŁO GEO9 80
5.8. GOPŁO GEO10 80
5.9. IZBICA 2 81
5.10. IZBICA KUJAWSKA K-37 81
5.11. IZBICA KUJAWSKA K-67 82
5.12. IZBICA KUJAWSKA K-70 82

5.13. KŁODAWA 66 82
5.14. KŁODAWA 71 83
5.15. KOCEWIA-A 83
5.16. KOŁO GT-1 83
5.17. KOŁO IG-3 86
5.18. MARCJANOWO K-33 89
5.19. PAGÓRKI IG-1 89
5.20. PODTYMIEŃ K-69 90
5.21. PONĘTÓW 1 90
5.22. PONĘTÓW 2 94
5.23. PRZYBYŁÓW 1 95
5.24. WRZĄCA IGH-1 98

6. SEJSMIKA 101
Sylwia Kijewska

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE, MAGNETYCZNE I MAGNETOTELLURYCZNE 105
Olga Rosowiecka

7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE 105
7.2. BADANIA MAGNETYCZNE 109
7.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE 113

8. PODSUMOWANIE 116

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE 118

1. WSTĘP
1.1. INFORMACJE OGÓLNE O OBSZARZE PRZETARGOWYM

Obszar przetargowy Koło ma powierzchnię 1035,32 km^2 i obejmuje fragmenty bloków koncesyjnych na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oznaczonych numerami 189, 190, 209, 210 i 230 (Fig. 1.1). Koordynaty geograficzne punktów załamania granic obszaru przetargowego są zdefiniowane w Tab. 1.1, a położenie tych punktów ilustruje Fig. 1.2.

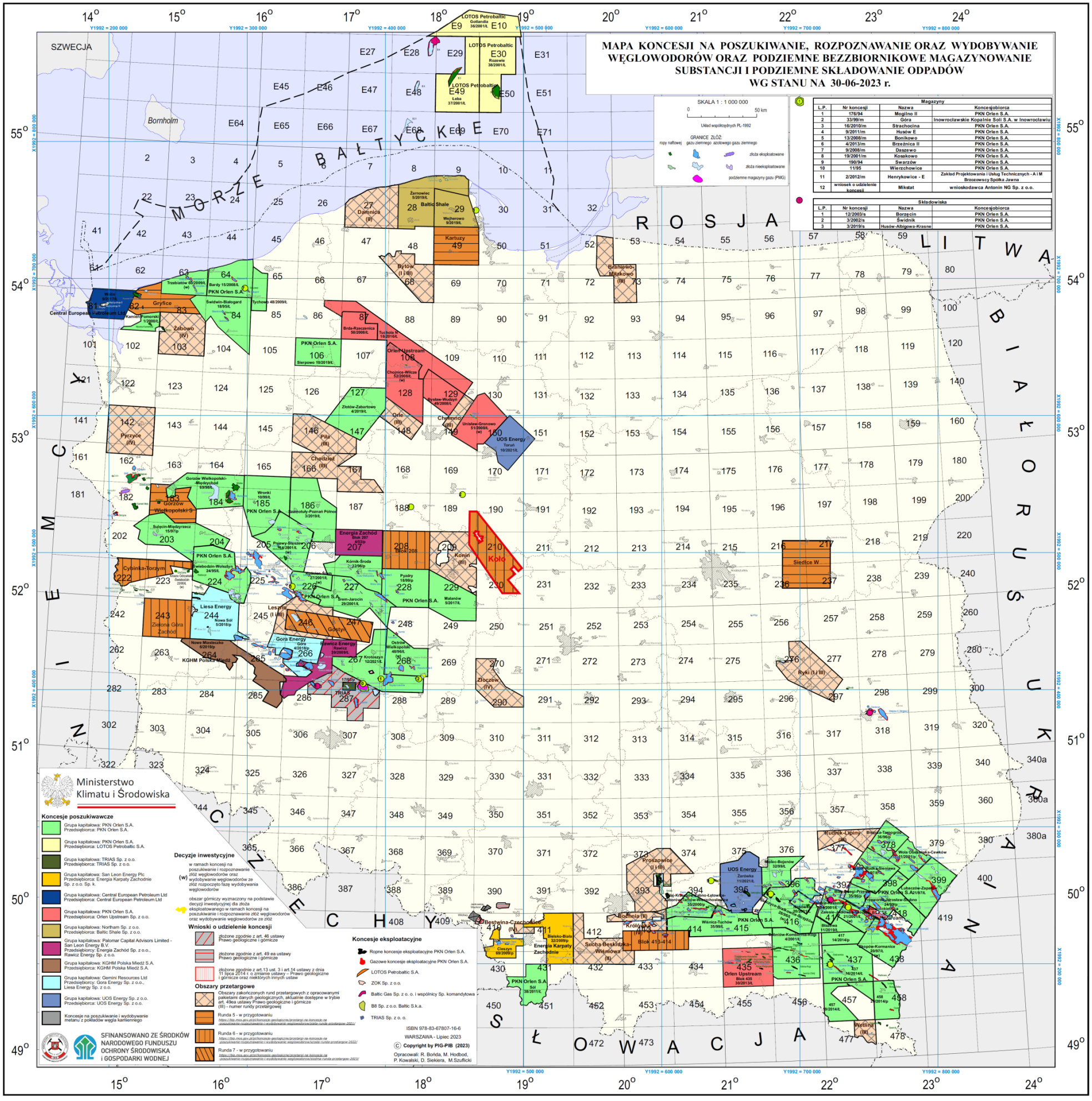
Nr punktu	Współrzędne PL-92	
	X	Y
1	529967,77	466172,40
2	488641,34	498789,16
3	486438,55	496164,37
4	489957,06	493014,61
5	487890,95	490706,30
6	484446,05	493790,15
7	480134,00	488652,00
8	470399,21	496820,43
9	470399,21	484545,58
10	505767,09	460565,18
11	530004,01	460948,02
z wyłączeniem poligonu zdefiniowanego punktami 12–37		
12	511761,56	470471,74
13	510890,57	470321,23
14	510548,30	470289,27
15	510275,58	469386,68
16	508585,79	470240,02
17	507227,64	467937,05
18	508438,78	468164,41
19	508686,68	468071,55
20	508552,29	467753,83
21	509029,12	467425,48
22	509000,98	466860,16
23	509786,65	466458,84
24	510712,28	466533,66
25	510863,68	466135,08
26	511413,87	466119,07
27	512301,03	464657,54
28	512945,40	465015,52
29	514274,41	464099,56
30	514887,48	464919,13
31	515164,02	464836,89
32	515654,00	465231,28
33	515464,92	465948,84
34	515240,12	467390,59
35	513488,00	467015,12
36	511733,89	468344,28
37	511927,13	469427,80

Tab. 1.1. Współrzędne punktów załamania granic obszaru przetargowego Koło.

W latach 2011-2013 oraz 2016-2018 obszar przetargowy był objęty koncesjami Koło nr 53/2011/p oraz Koło nr 3/2016/p, których operatorem był Strzelecki Energia. W roku 2017 południowo-zachodni kraniec obszaru przetargowego był również objęty koncesją Koło Zachód nr 1/2017/p prowadzoną przez tego samego operatora (koncesja została wygaszona we wrześniu 2020 roku). Obecnie Koło nie sąsiaduje z innymi koncesjami na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż, a jedynie od zachodu graniczy z obszarem Konin dedykowanym do zakończonej III rundy przetargowej na koncesje węglowodorowe w Polsce (Fig. 1.1–1.2).

Obszar przetargowy Koło jest dedykowany poszukiwaniom konwencjonalnych i niekonwencjonalnych złóż węglowodorów w utworach mezozoiku Niżu Polski. W ostatnim przypadku celem poszukiwawczym są łupki jury środkowej i górnej.

→**Fig. 1.1.** Położenie obszaru przetargowego Koło na mapie koncesji na poszukiwanie, rozpoznawanie oraz wydobywanie węglowodorów oraz podziemne bezzbiornikowe magazynowanie substancji i podziemne składowanie odpadów wg stanu na 30.06.2023 r.


MAPA KONCESJI NA POSZUKIWANIE, ROZPOZNAWANIE ORAZ WYDOBYWANIE WĘGLOWODORÓW ORAZ PODZIEMNE BEZZBIORNIKOWE MAGAZYNOWANIE SUBSTANCJI I PODZIEMNE SKŁADOWANIE ODPADÓW
WG STANU NA 30-06-2023 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 | PKN Orlen S.A.
2 | 33/99/m | Góra | Inowrocławskie Kopalnie Soli S.A. w Inowrocławiu
3 | 16/2010/m | Strachocina | PKN Orlen S.A.
4 | 9/2011/m | Husów E | PKN Orlen S.A.
5 | 13/2008/m | Bonikowo | PKN Orlen S.A.
6 | 4/2013/m | Brzeźnica II | PKN Orlen S.A.
7 | 9/2008/m | Daszewo | PKN Orlen S.A.
8 | 19/2001/m | Kosakowo | PKN Orlen S.A.
9 | 190/94 | Swarzów | PKN Orlen S.A.
10 | 11/95 | Wierzchowice | PKN Orlen S.A.
11 | 2/2012/m | Henrykowice - E | Zakład Projektowania i Usług Technicznych - A i M Brzozowscy Spółka Jawna
12 | wniosek o udzielenie koncesji | Mikstat | wnioskodawca Antonin NG Sp. z o.o.
Składowiska
L.P. | Nr koncesji | Nazwa | Koncesjobiorca
1 | 12/2003/s | Borzęcin | PKN Orlen S.A.
2 | 3/2002/s | Świdnik | PKN Orlen S.A.
3 | 3/2019/s | Husów-Albigowa-Krasne | PKN Orlen S.A.
SZWECJA
Bornholm
MORZE BAŁTYCKIE
ROSJA
LITWA
BIAŁORUŚ
UKRAINA
SŁOWACJA
CZECHY
NIEMCY
Koło
Ministerstwo Klimatu i Środowiska
Koncesje poszukiwawcze
Grupa kapitałowa: PKN Orlen S.A. Przedsiębiorca: PKN Orlen S.A.
Grupa kapitałowa: PKN Orlen S.A. Przedsiębiorca: LOTOS Petrobaltic S.A.
Grupa kapitałowa: TRIAS Sp. z o.o. Przedsiębiorca: TRIAS Sp. z o.o.
Grupa kapitałowa: San Leon Energy Plc Przedsiębiorca: Energia Karpaty Zachodnie Sp. z o.o. Sp. k.
Grupa kapitałowa: Central European Petroleum Ltd Przedsiębiorca: Central European Petroleum Ltd
Grupa kapitałowa: PKN Orlen S.A. Przedsiębiorca: Orlen Upstream Sp. z o.o.
Grupa kapitałowa: Northam Sp. z o.o. Przedsiębiorca: Baltic Shale Sp. z o.o.
Grupa kapitałowa: Palomar Capital Advisors Limited - San Leon Energy B.V. Przedsiębiorcy: Energia Zachód Sp. z o.o., Rawicz Energy Sp. z o.o.
Grupa kapitałowa: KGHM Polska Miedź S.A. Przedsiębiorca: KGHM Polska Miedź S.A.
Grupa kapitałowa: Gemini Resources Ltd Przedsiębiorcy: Gora Energy Sp. z o.o., Liesa Energy Sp. z o.o.
Grupa kapitałowa: UOS Energy Sp. z o.o. Przedsiębiorca: UOS Energy Sp. z o.o.
Koncesje na poszukiwanie i wydobywanie metanu z pokładów węgla kamiennego
Decyzje inwestycyjne
(w) w ramach koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż rozpoczęto fazę wydobywania węglowodorów
obszar górniczy wyznaczony na podstawie decyzji inwestycyjnej dla złoża eksploatowanego w ramach koncesji na poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż
Wnioski o udzielenie koncesji
złożone zgodnie z art. 46 ustawy Prawo geologiczne i górnicze
złożone zgodnie z art. 49 ea ustawy Prawo geologiczne i górnicze
złożone zgodnie z art.13 ust. 3 i art.14 ustawy z dnia 11 lipca 2014 r. o zmianie ustawy – Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw
Obszary przetargowe
Obszary zakończonych rund przetargowych z opracowanymi pakietami danych geologicznych, aktualnie dostępne w trybie art. 49ea ustawy Prawo geologiczne i górnicze
(III) - numer rundy przetargowej
Runda 5 - w przygotowaniu
https://bip.mos.gov.pl/pl/koncesje-geologiczne/przetargi-na-koncesje-na-poszukiwanie-rozpoznawanie-i-wydobywanie-weglowodorow/piata-runda-przetargow-2021/
Runda 6 - w przygotowaniu
https://bip.mos.gov.pl/pl/koncesje-geologiczne/przetargi-na-koncesje-na-poszukiwanie-rozpoznawanie-i-wydobywanie-weglowodorow/szosta-runda-przetargow-2022/
Runda 7 - w przygotowaniu
https://bip.mos.gov.pl/pl/koncesje-geologiczne/przetargi-na-koncesje-na-poszukiwanie-rozpoznawanie-i-wydobywanie-weglowodorow/siodma-runda-przetargow-2023/
Koncesje eksploatacyjne
Ropne koncesje eksploatacyjne PKN Orlen S.A.
Gazowe koncesje eksploatacyjne PKN Orlen S.A.
LOTOS Petrobaltic S.A.
ZOK Sp. z o.o.
Baltic Gas Sp. z o. o. i wspólnicy Sp. komandytowa
B8 Sp. z o.o. Baltic S.k.a.
TRIAS Sp. z o. o.
SFINANSOWANO ZE ŚRODKÓW NARODOWEGO FUNDUSZU OCHRONY ŚRODOWISKA i GOSPODARKI WODNEJ
ISBN 978-83-67807-16-6
WARSZAWA - Lipiec 2023
© Copyright by PIG-PIB (2023)
Opracowali: R. Bońda, M. Hodbod, P. Kowalski, D. Siekiera, M.Szuflicki

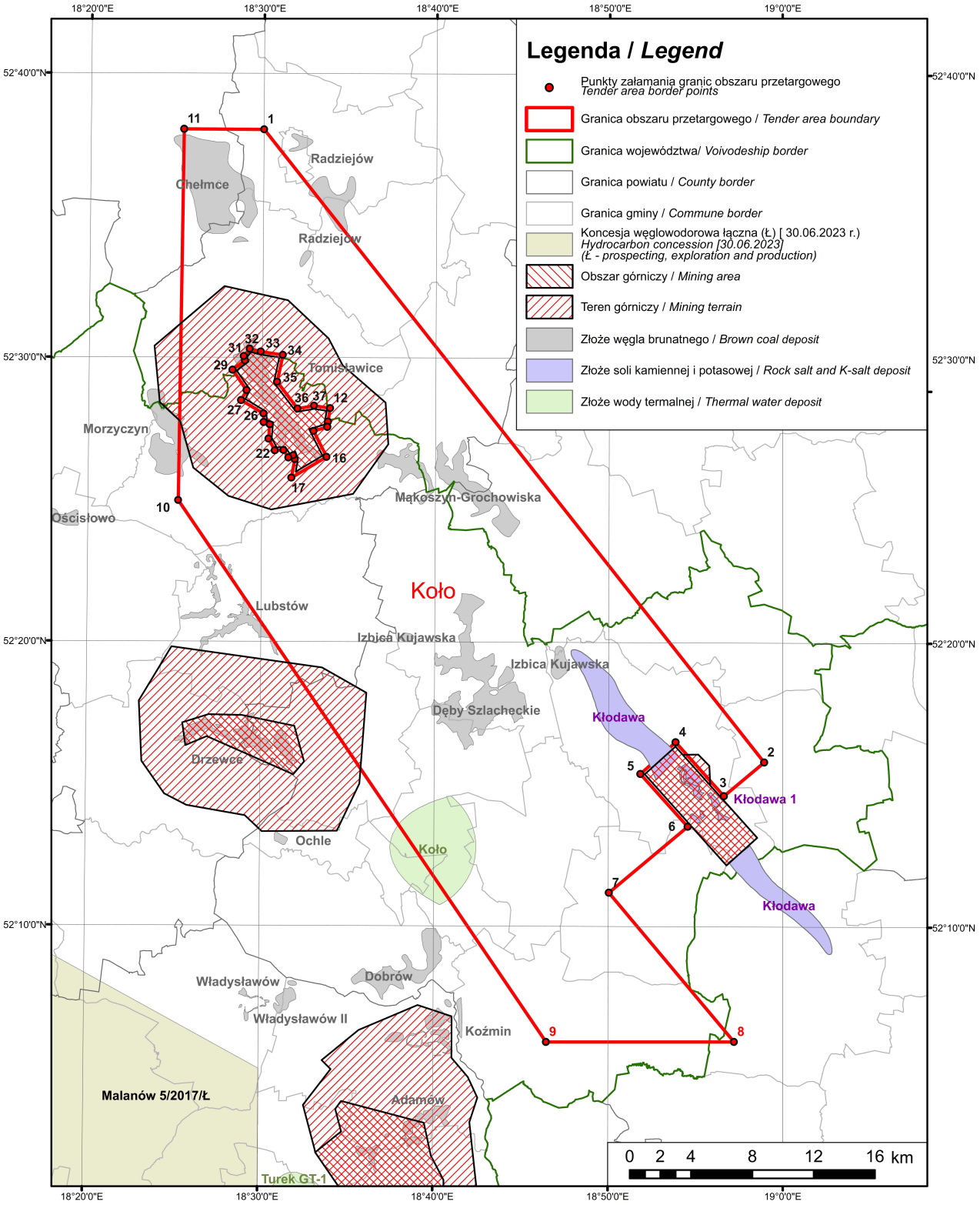


Fig. 1.2. Punkty załamania granic oraz pozycja obszaru przetargowego Koło względem sąsiednich koncesji geologicznych i obszarów przetargowych.

1.2. UWARUNKOWANIA ŚRODOWISKOWE

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO KOŁO				
1.	**LOKALIZACJA OBSZARU PRZETARGOWEGO NA MAPIE**	nazwa i numer arkusza mapy w skali 1 : 50 000	Sompolno 478, Kłodawa 515, Koło 514, Radziejów 440, Dąbie 551, Jeziora Wielkie 439, Ślesin 477, Izbica Kujawska 479, Turek 550	
2.	**POŁOŻENIE ADMINISTRACYJNE**	**województwo**	**kujawsko-pomorskie**	
		powiat	**inowrocławski**	
		gmina i % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego	Kruszwica (2,58%)	
		powiat	**radziejowski**	
		gmina	Bytoń (2,70%), Piotrków Kujawski (11,22%), Radziejów - gm. miejska (0,14%), Radziejów - gm. wiejska (1,69%), Topólka (4,66%)	
		powiat	**włocławski**	
		gmina	Izbica Kujawska (7,18%), Lubraniec (0,04%)	
		województwo	**łódzkie**	
		powiat	**łęczycki**	
		gmina	Grabów (0,06%)	
		województwo	**wielkopolskie**	
		powiat	**kolski**	
		gmina	Babiak (12,91%), Chodów (0,48%), Dąbie (5,69%), Grzegorzew (7,07%), Kłodawa (9,09%), Koło –gm. miejska (0,09%), Koło – gm. wiejska (6,84%), Olszówka (4,46%), Osiek Mały (4,13%), Przedecz (1,15%)	
		powiat	**koniński**	
		gmina	Sompolno (8,39%), Wierzbinek (9,43%)	
3.	**REGIONALIZACJA FIZYCZNO-GEOGRAFICZNA (WG KONDRACKIEGO, 2013 ORAZ SOLONA i in., 2018)**	makroregion	Pojezierze Wielkopolskie (315.5)	
		mezoregion	Równina Inowrocławska (313.25), Pojezierze Kujawskie (315.57)	
		makroregion	Nizina Południowowielkopolska (318.1-2)	
		mezoregion	Wysoczyzna Kłodawska (318.15), Kotlina Kolska (318.14)	
4.	**WSPÓŁRZĘDNE PUNKTÓW WYZNACZAJĄCYCH GRANICE OBSZARU PRZETARGOWEGO**	układ PL-1992 [X; Y]	529967,77	466172,40
			488641,34	498789,16
			486438,55	496164,37
			489957,06	493014,61
			487890,95	490706,30
			484446,05	493790,15
			480134,00	488652,00
			470399,21	496820,43
			470399,21	484545,58
			505767,09	460565,18
			530004,01	460948,02
			z wyłączeniem poligonu zdefiniowanego punktami:	
			511761,56	470471,74
			510890,57	470321,23
			510548,30	470289,27
			510275,58	469386,68
			508585,79	470240,02
			507227,64	467937,05
			508438,78	468164,41
			508686,68	468071,55
			508552,29	467753,83
			509029,12	467425,48
			509000,98	466860,16
			509786,65	466458,84
			510712,28	466533,66

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO KOŁO				
			510863,68	466135,08
			511413,87	466119,07
			512301,03	464657,54
			512945,40	465015,52
			514274,41	464099,56
			514887,48	464919,13
			515164,02	464836,89
			515654,00	465231,28
			515464,92	465948,84
			515240,12	467390,59
			513488,00	467015,12
			511733,89	468344,28
			511927,13	469427,80
5.	**POWIERZCHNIA OBSZARU PRZETARGOWEGO**	[km^2]	1035,32	
6.	**CEL KONCESJI**		poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż	
7.	**WIEK FORMACJI ZŁOŻOWEJ**		jura, mezozoik	
8.	**PRZYRODNICZE OBSZARY PRAWNIE CHRONIONE:**	[tak/ nie] jeśli „tak” to: nazwa obszaru oraz % powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego		
	parki narodowe		nie	
	rezerwaty		Kawęczyńskie Brzęki (<1 %)	
	parki krajobrazowe		nie	
	obszary chronionego krajobrazu		Goplańsko-Kujawski (27,01 %), Jezioro Głuszyńskie (4,08 %), Jezioro Modzerowskie (3,11 %)	
	Natura 2000 – SOO		PLH100006 Pradolina Bzury-Neru (<1%)	
	Natura 2000 – OSO		PLB100001 Pradolina Warszawsko-Berlińska (<1%), PLB300002 Dolina Środkowej Warty (<1%)	
	zespoły przyrodniczo-krajobrazowe		nie	
	użytki ekologiczne	[tak (ilość)/ nie]	2	
	pomniki przyrody		47 (w tym 119 obiektów)	
	stanowiska dokumentacyjne		nie	
9.	**GLEBY CHRONIONE**	[tak/ nie]	tak	
10.	**KOMPLEKSY LEŚNE**	[tak/ nie]	tak	
11.	**LASY OCHRONNE**	[tak (powierzchnia,% powierzchni zajmowanej w granicach obszaru przetargowego)/ nie]	26,4 km^2 (2,55%)	
12.	**OBIEKTY DZIEDZICTWA KULTUROWEGO**	[tak (ilość)/ nie]		
		grodzisko	4	
		osada	nie	
		cmentarzysko	2	
		inne	1	
13.	**GŁÓWNE ZBIORNIKI WÓD PODZIEMNYCH**	tak (numer, nazwa i wiek zbiornika)/ nie]	tak 226 Zbiornik Krośniewice-Kutno, J3 151 Zbiornik Turek-Konin-Koło, Cr 144 Dolina Kopalna Wielkopolska, Q	
14.	**STREFY OCHRONNE UJĘĆ WODY**	[tak/ nie]	tak	
15.	**STREFY OCHRONY UZDROWISKOWEJ**	[tak/ nie]	nie	
16.	**TERENY ZAGROŻONE PODTOPIENIAMI**	[tak/ nie]	tak	
17.	**UDOKUMENTOWANE ZŁOŻA KOPALIN**	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (kruszywa naturalne, piaski kwarcowe d/p cegły wap.-piaskowej, piaski kwarcowe d/p betonów komórkowych, węgle brunatne, sole kamienne)	

KARTA UWARUNKOWAŃ ŚRODOWISKOWYCH DLA OBSZARU PRZETARGOWEGO KOŁO			
18.	**OBSZARY PROGNOSTYCZNE I PERSPEKTYWICZNE WYSTĘPOWANIA KOPALIN (z wyłączeniem węglowodorów)**	[tak (rodzaj kopaliny)/ nie]	tak (piaski, piaski i żwiry, żwiry, torfy, ropa, gaz ziemny, sole kamienne, węgiel brunatny)
19.	**SIECI PRZESYŁOWE GAZU**	[tak/ nie]	tak
20.	**PODZIEMNE MAGAZYNY GAZU**	[tak/ nie]	nie
21.	**DATA WYPEŁNIENIA KARTY**	18.11.2021 r.	
22.	**ZESTAWIENIE I OPRACOWANIE DANYCH**	Aleksandra Kłos, Dominika Kafara	

Tab. 1.3. Karta uwarunkowań środowiskowych obszaru przetargowego Koło.

→**Fig. 1.3.** Mapa środowiskowa obszaru Koło.

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Ministerstwo Klimatu i Środowiska

Mapa środowiskowa obszaru KOŁO

Environmental Map of the KOŁO area

Copyright by PIG-PIB, Warszawa

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

Zestawienie danych oraz redakcja komputerowa mapy: *Aleksandra Kłos*
Data compilation and map edition:

Weryfikacja: *Olimpia Kozłowska*
Verification:

Objaśnienia do Mapy środowiskowej obszaru KOŁO

Legend of the Environmental Map of the KOŁO area

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

(based on MGśP database)*

ZŁOŻA KOPALIN ORAZ PERSPEKTYWY I PROGNOZY ICH WYSTĘPOWANIA

MINERAL DEPOSIT AND PERSPECTIVE AREA'S, PROGNOSTIC AREA'S FOR DOCUMENTING DEPOSITS

- kreda jeziorna i gytia — lacustrine chalk and gyttja
- piaski — sands
- żwiry — gravels
- piaski kwarcowe — quartz sands
- piaski i żwiry — sands and gravels
- torfy — peat

172 — identyfikator z bazy MIDAS złoża małokonfliktowego — ID from the MIDAS database of the small environmental conflict

1352 — identyfikator z bazy MIDAS złoża konfliktowego — ID from the MIDAS database of the environmental conflict

414 CHEŁMCE — identyfikator z bazy Midas oraz nazwa złoża bardzo konfliktowego — ID from the MIDAS database of the very environmental conflict

- granica złoża — deposit boundary
- granica obszaru prognostycznego — prognostic area boundary
- granica zweryfikowanego obszaru prognostycznego — verified prognostic area boundary
- granica obszaru perspektywicznego — perspective area boundary
- złoże o powierzchni ≤ 5 ha — deposit with area ≤ 5 ha

GÓRNICTWO I PRZETWÓRSTWO KOPALIN

MINING AND MINERAL PROCESSING

- granica obszaru górniczego — boundary of the mining area
- granica terenu górniczego — boundary of the mining terrain
- obszar i teren górniczy złoża o powierzchni ≤ 5 ha — area and terrain of the deposit with area ≤ 5 ha
- p — punkt niekoncesjonowanej eksploatacji kopaliny (pc - rodzaj kopaliny) — point of unlicensed exploitation of a mineral (p - type of mineral)
- zwały odpadów mineralnych: eksploatacyjne o powierzchni ≤ 5 ha — damps of mineral waste: operational with area ≤ 5 ha
- zwały odpadów mineralnych: eksploatacyjne o powierzchni > 5 ha — damps of mineral waste: operational with area > 5 ha

Symbol kopaliny:
Mineral symbol:

- Wb - węgiel brunatny — coal
- G - gaz ziemny — natural gas
- R - ropa naftowa — crude oil
- Na - sól kamienna — rock salt
- kj - kreda jeziorna — lacustrine chalk and gyttja
- ż - żwiry — gravels
- pż - piaski i żwiry — sands and gravels
- p - piaski — sands
- pk - piaski kwarcowe — quartz sands
- t - torfy — peat

Symbol jednostki stratygraficznej:
Symbol of the stratigraphic unit:

- Q - Czwartorzęd — Quaternary
- Ng - Neogen — Neogene
- Pg - Paleogen — Paleogene
- Cr - Kreda — Cretaceous
- J - Jura — Jurassic
- P - Perm — Permian

WODY POWIERZCHNIOWE I PODZIEMNE

SURFACE AND UNDERGROUNG WATERS

- obszary dolinne zagrożone podtopieniami — valley flood hazard area
- granica działu wodnego pierwszego rzędu — water divide of first rank
- granica działu wodnego trzeciego rzędu — water divide of third rank
- granica działu wodnego czwartego rzędu — water divide of fourth rank
- 144 — granica głównego zbiornika wód podziemnych wraz z jego numerem — principle boundary aquifer with ID number
- granica strefy ochrony ujęcia wód — water intake protected area boundary
- k/Q — ujęcie wód podziemnych o wydajności ≥ 50 m³/h — underground water intake with capacity ≥ 50 m³/h
- Pg+Ng — granica leja depresyjnego wywołanego odwodnieniem górniczym (Pg+Ng - wiek odwadnianych utworów) — boundary of a cone depression caused by mining dehydration (Pg+Ng - age of exploited rocks)

WARUNKI PODŁOŻA BUDOWLANEGO

BUILDING SUBSTRATE CONDITIONS

- tereny osuwiskowe i zagrożone ruchami masowymi — landslides and mass movements hazard area

OCHRONA PRZYRODY, KRAJOBRAZU I DZIEDZICTWA KULTUROWEGO

PROTECTION OF NATURE, LANDSCAPE AND CULTURAL HERITAGE

- grunty orne (klasy I-IVa użytków rolnych) — arable land (class I-IVa)
- łąki na glebach pochodzenia organicznego — meadows on organic soils
- lasy — forests
- lasy ochronne — protected forests
- granice terenów zarządzanych przez Dyrekcję Generalną Lasów Państwowych — boundary of areas managed by General Directorate of the State Forests
- granica parku krajobrazowego; nazwa parku — boundary of landscape park; park name
- granica obszaru chronionego krajobrazu; nazwa obszaru — boundary of protected landscape area; area name
- L — granica rezerwatu przyrody (L - leśny, Fn - florystyczny) — boundary of natural reserve (L - forests, Fn - floristic)
- Obszary Europejskiej Sieci Ekologicznej Natura 2000; kod obszaru — Natura 2000 ecological network; area code
- aleja drzew pomnikowych — avenue of monumental trees
- n — pomnik przyrody żywej (n - liczba obiektów) — animate nature monument (n - numer of objects)
- pomnik przyrody nieożywionej — inanimate nature monument
- użytek ekologiczny — ecological area
- użytek ekologiczny o powierzchni ≤ 5 ha — ecological area with area ≤ 5 ha
- stanowisko dokumentacyjne przyrody nieożywionej — documentation site of inanimate nature
- stanowisko archeologiczne — archeological site

INFORMACJE DODATKOWE

ADDITIONAL INFORMATIONS

- granica województwa — distirct boundary
- granica powiatu — distirct boundary
- granica gminy, miasta — commune or town boundary
- A2 — oś autostrady lub drogi szybkiego ruchu — highway or express route
- DĄBIE — siedziba urzędu gminy, miasta — commune or town office headquarter
- KAMIENIEC — miejscowość letniskowa — summer resort
- sieć gazociągów przesyłowych — natural gas pipeline network
- sieć elektroenergetyczna najwyższych napięć — high-voltage power network
- granica obszaru przetargowego — boundary of tender area

** Wykorzystano informacje udostępniane przez: RZGW, GDOŚ, GDLP, IMGW-PIB, NID, PSE, GAZ-SYSTEM, urzędy morskie oraz z baz danych PSG i PSH w PIG-PIB*

** Data source: RZGW, GDOŚ, GDLP, IMGW-PIB, NID, PSE, GAZ-SYSTEM, maritime offices and from database of PSG and PSH*

2. BUDOWA GEOLOGICZNA
2.1. OGÓLNY ZARYS BUDOWY GEOLOGICZNEJ

Obszar przetargowy Koło jest położony w całości na platformie zachodnioeuropejskiej (Żelaźniewicz i in., 2011; Nawrocki i Becker, 2017; Fig. 2.1–2.2). W jego obrębie należy wyróżnić trzy główne piętra strukturalne – waryscyjskie, permsko-mezozoiczne (laramijskie) oraz kenozoiczne.

Informacje na temat waryscyjskiego piętra strukturalnego są bardzo ograniczone, ponieważ najstarsze skały nawiercone na obszarze Koło są wieku permskiego. Dotychczas nie zostały one jeszcze przewiercone, jednak przypuszcza się, że w ich podłożu występują skały waryscyjskiego piętra strukturalnego (dewon i karbon orogenu waryscyjskiego i/lub zapadlisk śródgórskich; Żelaźniewicz i in., 2011; Nawrocki i Becker, 2017). Pokrywę osadową platformy paleozoicznej budują skały kompleksu permsko-mezozoicznego, należące do laramijskiego piętra strukturalnego. W jego obrębie obszar przetargowy Koło jest zlokalizowany w większości w granicach segmentu mogileńsko-łódzkiego synklinorium szczecińsko-łódzko-miechowskiego oraz zachodniej części segmentu kujawskiego antyklinorium śródpolskiego (Żelaźniewicz i in., 2011; Nawrocki i Becker, 2017; Fig. 2.1). Charakterystycznym dla obszaru przetargowego jest występowanie poduszek i diapirów solnych o orientacji NW-SE (Dadlez i in., 1998; Fig. 2.3). Najmłodsze, kenozoiczne piętro osadowe obejmuje skały paleogenu i neogenu przykryte przez osady czwartorzędu.

W dalszej części rozdziału przedstawiono charakterystykę poszczególnych wydzieleń stratygraficznych. Do opisu litostratygraficznego wykorzystano dane z otworów położonych w granicach obszaru Koło: Augustynowo 1, Banachów IG-1, Bierzwienna K-31, Bolesław-1, Długie K-68, Gopło GEO10, Gopło GEO9, Izbica 2, Izbica Kujawska K-37, Izbica Kujawska K-67, Izbica Kujawska K70, Kłodawa 66, Kłodawa 71, Kocewia-A, Koło GT-1, Koło IG-3, Marcjanowo K-33, Pagórki IG-1, Podtymień K-69, Ponętów 1, Ponętów 2, Przybyłów 1, Wrząca IGH-1. Ich lokalizację przedstawia Fig. 2.4.

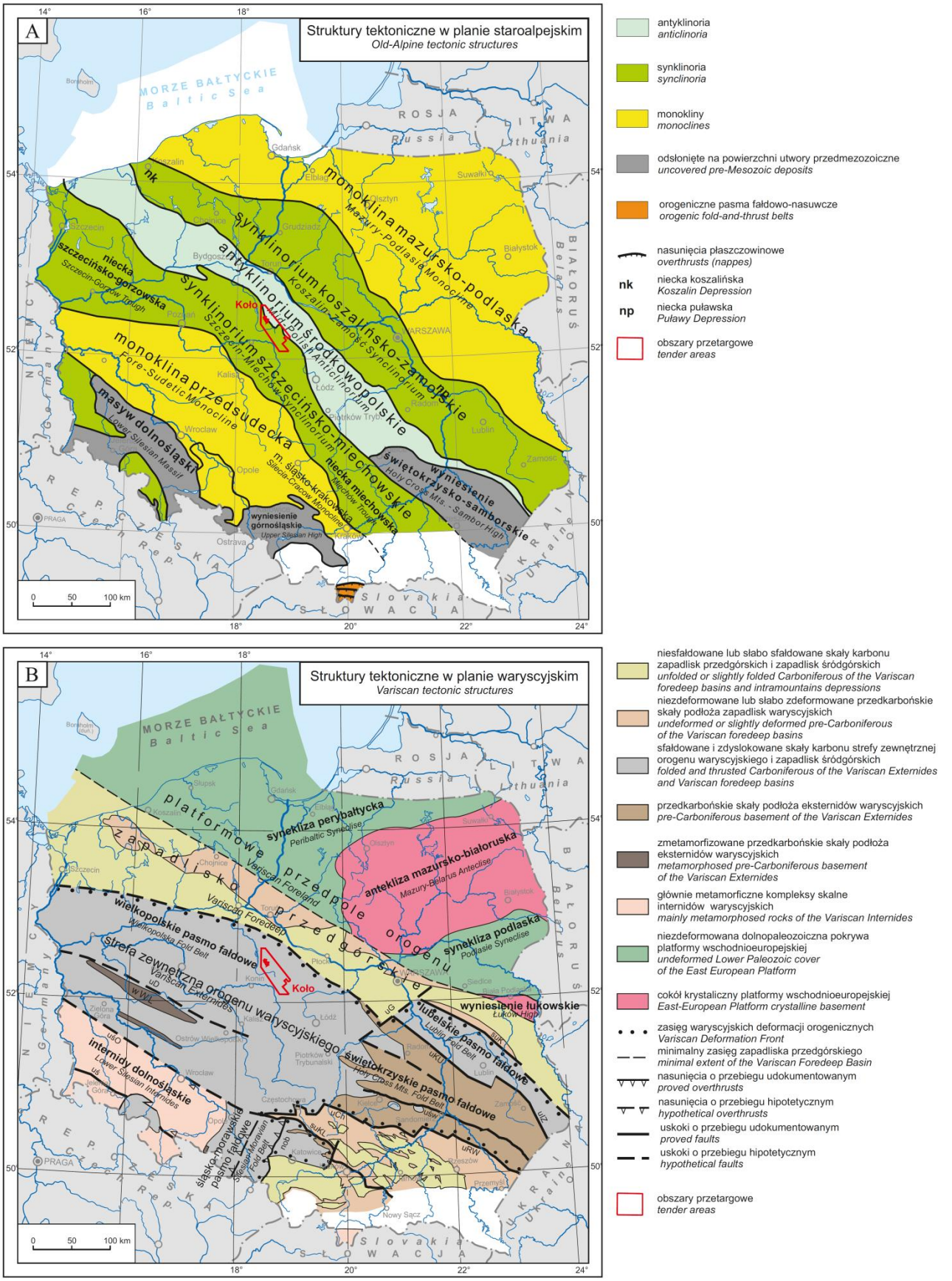


Fig. 2.1. A. Położenie obszaru przetargowego Koło na szkicu głównych jednostek tektonicznych Niżu Polskiego na powierzchni podkenozoicznej (Nawrocki i Becker, 2017). **B**. Położenie obszaru przetargowego Koło na szkicu głównych jednostek waryscyjskiego planu tektonicznego (Nawrocki i Becker, 2017).

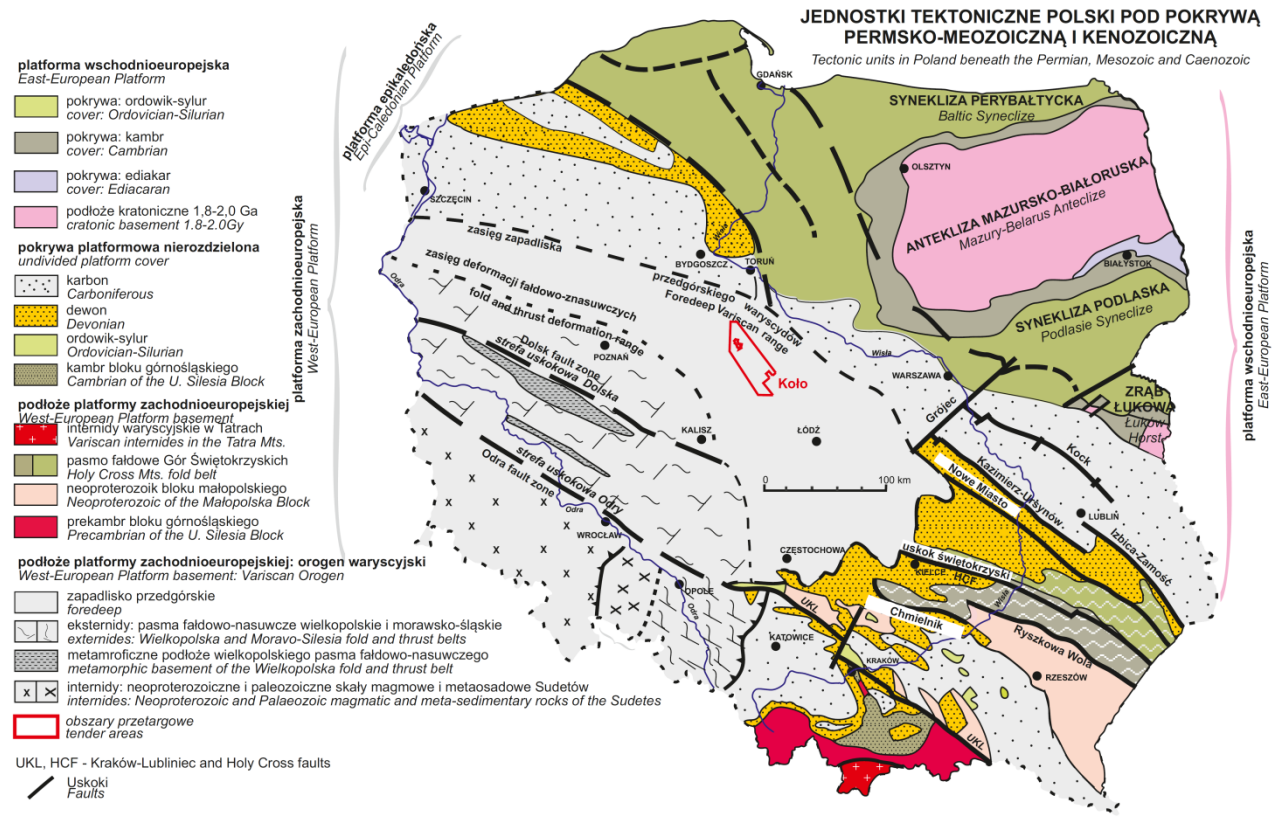


Fig. 2.2. Położenie obszaru przetargowego Koło na tle mapy głównych jednostek tektonicznych Polski pod pokrywą permsko-mezozoiczną i kenozoiczną (Żelaźniewicz i in., 2011).

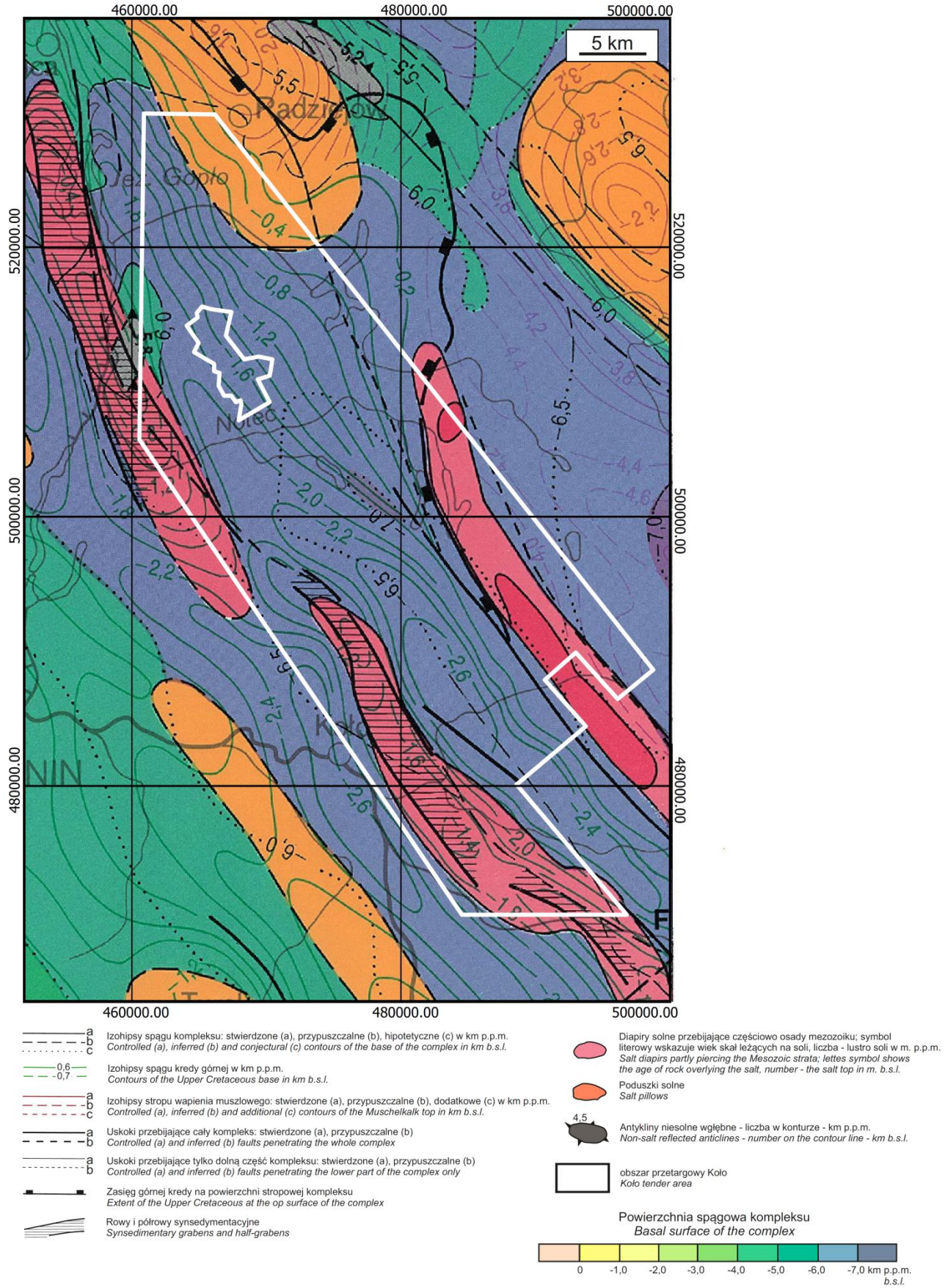


Fig. 2.3. Pozycja obszaru przetargowego Koło na tle fragmentu Mapy tektonicznej kompleksu cechsztyńsko-mezozoicznego na Niżu Polskim (Dadlez i in., 1998).

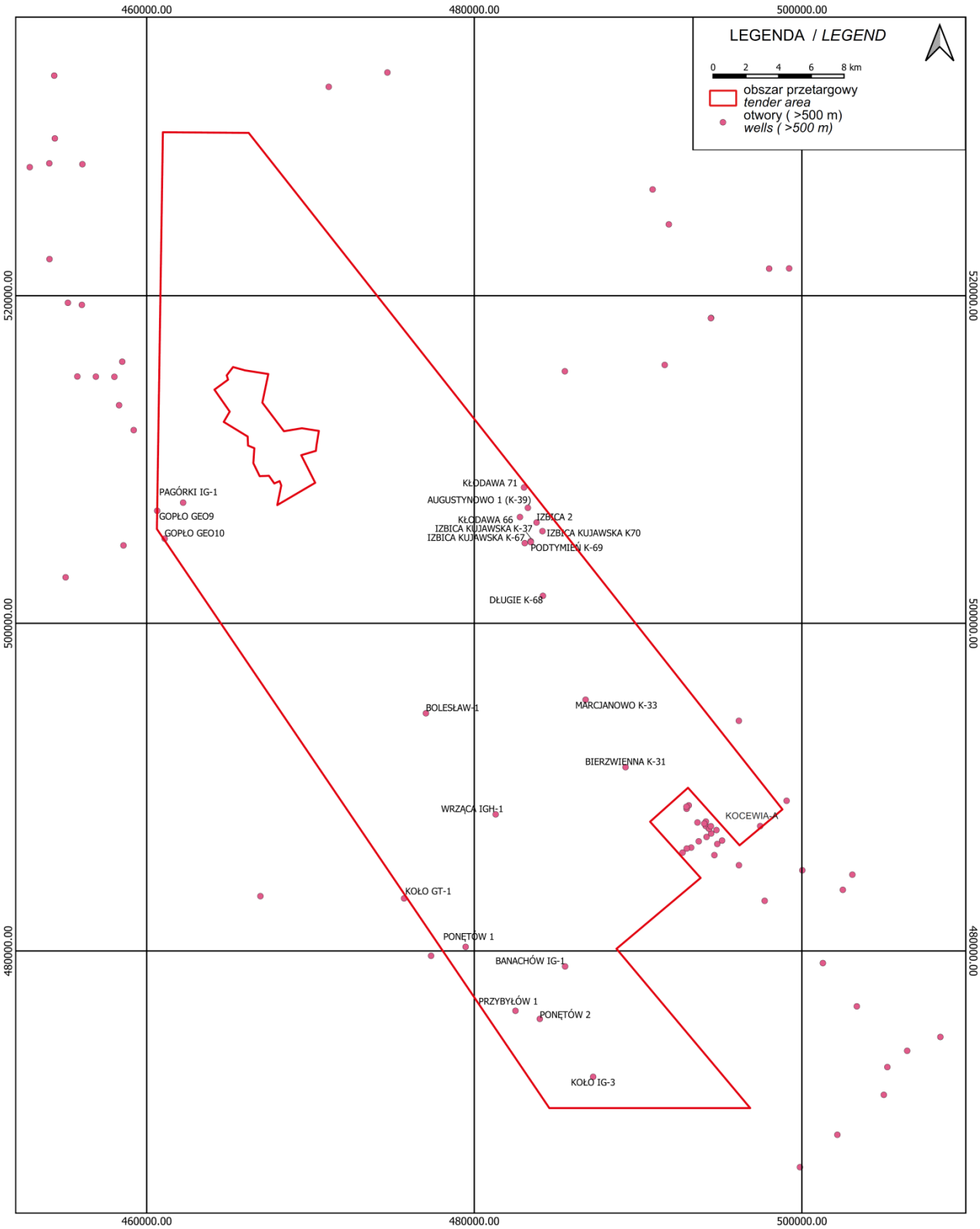


Fig. 2.4. Lokalizacja otworów wykorzystanych do charakterystyki geologicznej obszaru przetargowego Koło.

2.2. TEKTONIKA

W podkenozoicznym planie strukturalnym obszar przetargowy Koło znajduje się na granicy segmentu mogileńsko-łódzkiego synklinorium szczecińsko-łódzko-miechowskiego i segmentu kujawskiego antyklinorium śródpolskiego (Żelaźniewicz i in., 2011; Nawrocki i Becker, 2017; Fig. 2.1–2.2 oraz Fig. 2.5). Z czego strukturalnie około 2/3 obszaru (południowo-zachodnia część) ma budowę nieckowatą (synklinorium łódzkie), natomiast pozostała część stanowi zachodni kraniec antyklinorium śródpolskiego (segmentu kujawskiego).

Pod miąższymi osadami permu i mezozoiku występują najpewniej skały sukcesji dewońsko-karbońskiej reprezentujące orogen waryscyjski i osady zapadliska przedgórskiego. Waryscyjskie piętro strukturalne nie zostało dotychczas nawiercone. Najbliższe otwory, w których rozpoznano skały wieku karbońskiego, znajdują się na południowy-zachód (Malanów-1) oraz północny-wschód (Byczyna 1) od obszaru przetargowego Koło. Jakość danych sejsmicznych wykonanych na obszarze, ze względu na znaczną miąższość soli cechsztyńskich, jest, w obrębie osadów leżących poniżej spągu cechsztynu, mocno niewiarygodna. Dlatego też dokładna granica pomiędzy zasięgiem deformacji waryscyjskich i zewnętrznym zapadliskiem przedgórskim waryscydów nie została do tej pory jednoznacznie określona. Według Żelaźniewicza i in. (2011) obszar przetargowy Koło znajduje się w obrębie zapadliska przedgorskiego waryscydów, poza strefą deformacji (Fig. 2.2). Według Nawrockiego i Becker (2017) natomiast, jest on położony jeszcze w granicach orogenu i występujących w jego obrębie zapadlisk śródgórskich (Fig. 2.1).

Waryscyjskie piętro strukturalne jest ograniczone od góry podpermską powierzchnią erozyjną, która znajduje się na poziomie około 6900 m p.p.m. w południowo-zachodniej części obszaru i generalnie obniża się do 7400 m p.p.m. na południowym wschodzie (Kudrewicz, 2007; Fig. 2.7). Powierzchnia ta gwałtownie podnosi się od 7300 m p.p.m. do mniej niż 6000 m p.p.m. w północnej części obszaru przetargowego. Jest to spowodowane najprawdopodobniej istnieniem lokalnego uskoku normalnego o zrzucie około 700 m. Na powierzchni podpermskiej odsłaniają się skały osadowe zapadliska przedgórskiego waryscydów, które, jak już wcześniej wspomniano, zostały – przynajmniej w niektórych strefach – poddane oddziaływaniu orogenicznych deformacji waryscyjskich.

Na podstawie badań regionalnych i analizy najbliższych otworów przewiercających cechsztyn zakłada się, że bezpośrednio na utworach karbonu niezgodnie zalegają skały osadowe czerwonego spągowca, powstałe w trakcie synsedymentacyjnych blokowych ruchów tektonicznych w reżimie ekstensyjnym i przesuwczym (Karnkowski, 1991, 1999). Skały te rozpoczynają miąższą sukcesję osadową permsko-mezozoicznego piętra strukturalnego. W jego obrębie, istotną z poszukiwawczego punktu widzenia powierzchnią strukturalną jest spąg cechsztynu, poniżej którego koncentrowane są akumulacje gazu ziemnego w przystropowych osadach czerwonego spągowca, rozpoznane w szeregu złóż zlokalizowanych na zachód i południowy zachód od obszaru przetargowego Koło. W zasięgu analizowanego obszaru powierzchnia podcechsztyńska znajduje się na głębokości 6500 m p.p.m. z lokalnymi podniesieniami i obniżeniami do 7000 m p.p.m. (Kudrewicz, 2007; Fig. 2.6).

Basen polski został ukształtowany jako jeden z licznych mezozoicznych, epikontynentalnych basenów północnej i centralnej Europy (Central European Basin System; Ziegler, 1990; Scheck-Wenderoth i in., 2008; Pharaoh i in., 2010). Osady permu i mezozoiku zostały zdeponowane w osiowej części basenu, zwanego bruzdą śródpolską, równolegle do przebiegającej w kierunku NW-SE strefy T-T (Teisseyre-Tornquist Zone; Kutek i Głazek, 1972; Pożaryski i in., 1978; Dadlez, 1997; Guterch i in., 2010), która stanowi granicę pomiędzy platformą wschodnioeuropejską oraz zachodnioeuropejską. Obszar ten ulegał silnej subsydencji od permu do późnej kredy, czego wynikiem są miąższe, kilkukilometrowej miąższości osady permu i mezozoiku. Następnie, w późnej kredzie i paleogenie doszło do inwersji związanej z ruchami fazy laramijskiej orogenezy alpejskiej, która wpłynęła zasadniczo na wszystkie baseny obszaru alpejsko-karpackiego (Pożaryski i in., 1978;

Dadlez, 1997; Ziegler, 1990; Krzywiec, 2002, 2004b; Mazur i in., 2005; Resak i in., 2008), połączonej z równoczesnym upliftem i erozją basenu, która doprowadziła do powstania wału środkowopolskiego. Jego współczesne granice wyznacza zasięg występowania wychodni skał wieku dolnokredowego i starszych na powierzchni podkenozoicznej (Pożaryski i in., 1978; Ziegler, 1990; Dadlez i in., 1995). Na obszarze przetargowym Koło widoczna jest wyraźna różnica budowy geologicznej części położonych na południowy zachód oraz północny wschód od wysadu solnego Kłodawy (Fig. 2.8). Różnice w budowie geologicznej są najprawdopodobniej spowodowane silniejszym wyniesieniem północno-wschodniego skrzydła uskoku Kłodawa, aktywnym od późnej kredy do wczesnego triasu. Skrzydło wiszące uległo silniejszej w porównaniu do części południowo-zachodniej erozji, czego wynikiem było usunięcie całej pokrywy osadowej kredy i dużej części pokrywy osadowej jury.

Istotną rolę w ukształtowaniu struktury permsko-mezozoicznego piętra strukturalnego odegrała halotektonika zainicjowana w dolnym triasie i trwająca lokalnie nawet w kenozoiku. Powstanie diapirów solnych, w tym diapiru Kłodawy datuje się na późny trias, kiedy nasiliło się zuskokowanie i subsydencja podłoża oraz towarzyszące im boczne wycofywanie się soli. Strefy uskokowe zostały wykorzystane przez plastyczne sole cechsztynu, które przemieszczały się ku górze w postaci wysadów. Zostały następnie przykryte przez najwyższe osady triasu oraz jury (Krzywiec, 2004a). Struktury solne są szczególnie charakterystyczne dla centralnej i północno-zachodniej części wału śródpolskiego. Są to w głównej mierze poduszki i diapiry (wysady) solne, przyjmujące formę wydłużoną i równoległą do granic wału śródpolskiego. Spotykane są również struktury allochtoniczne w formie języków solnych, występujących jako wkładki o kilkukilometrowej rozciągłości w obrębie skał mezozoiku. Formę tego typu rozpoznano przy wysadzie Kłodawy (Krzywiec, 2004b, 2012; Burliga i in., 2012). Głównymi strukturami halotektoniczymi na omawianym obszarze są przebiegające w kierunku NW-SE diapir Kłodawy, Ponętów-Wartkowice oraz wysad Gopła. Strefa wysadu Kłodawy przebiega wzdłuż północno-wschodniej granicy obszaru (Fig. 2.8). W swojej centralnej części wysad przebija osady mezozoiku. Na południowo-zachodnim krańcu natomiast zaznacza się północno-zachodnia część wysadu Ponętów-Wartkowice, a na północno-zachodnim – południowy kraniec wysadu Gopła. Wysady te częściowo przebijają osady mezozoiku i/lub występują ponad nimi wyraźne luki w nadkładzie mezozoiczno-kenozoicznym.

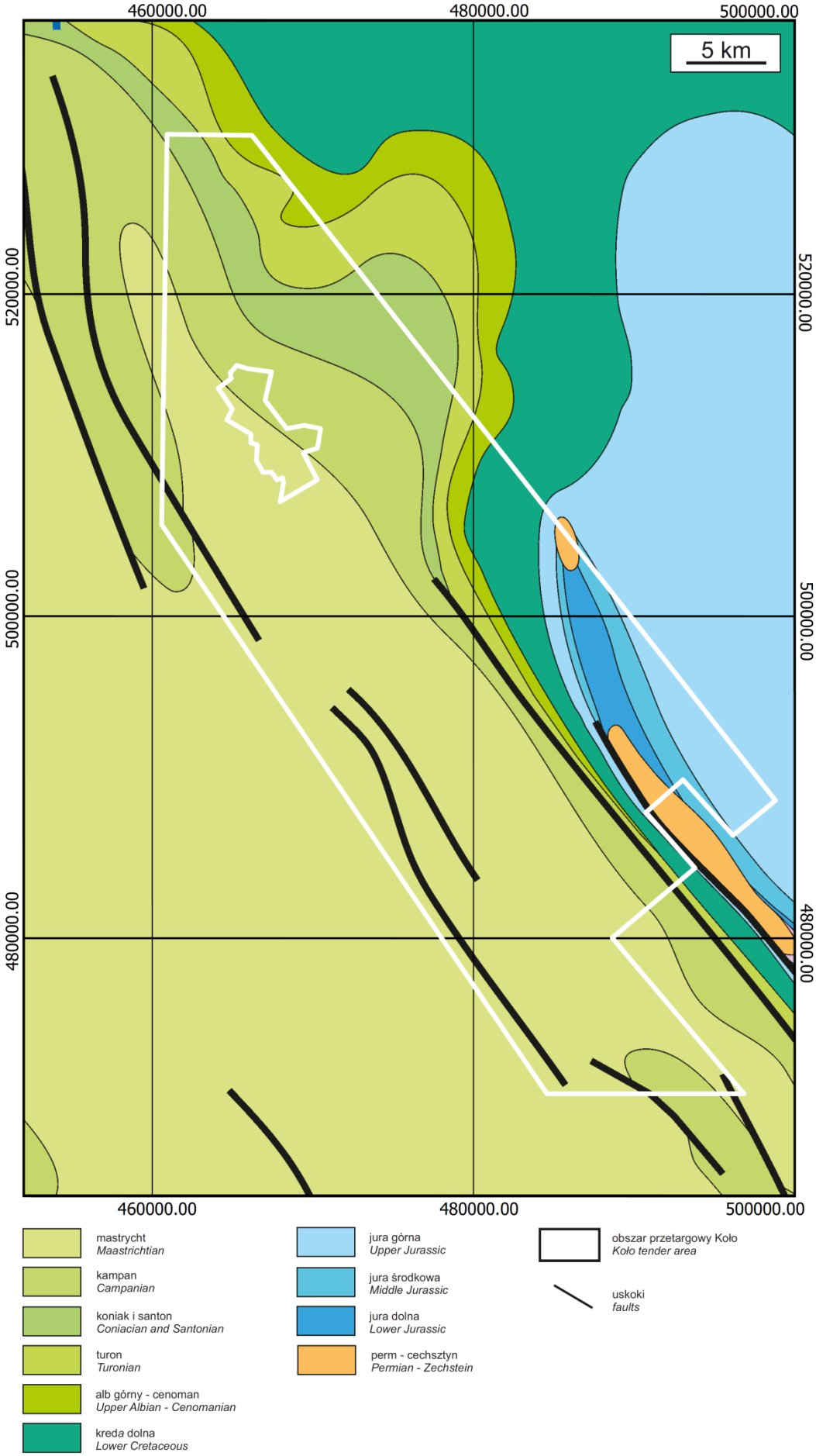


Fig. 2.5. Obszar przetargowy Koło na Mapie geologicznej Polski bez utworów kenozoiku (Dadlez i in., 2000).

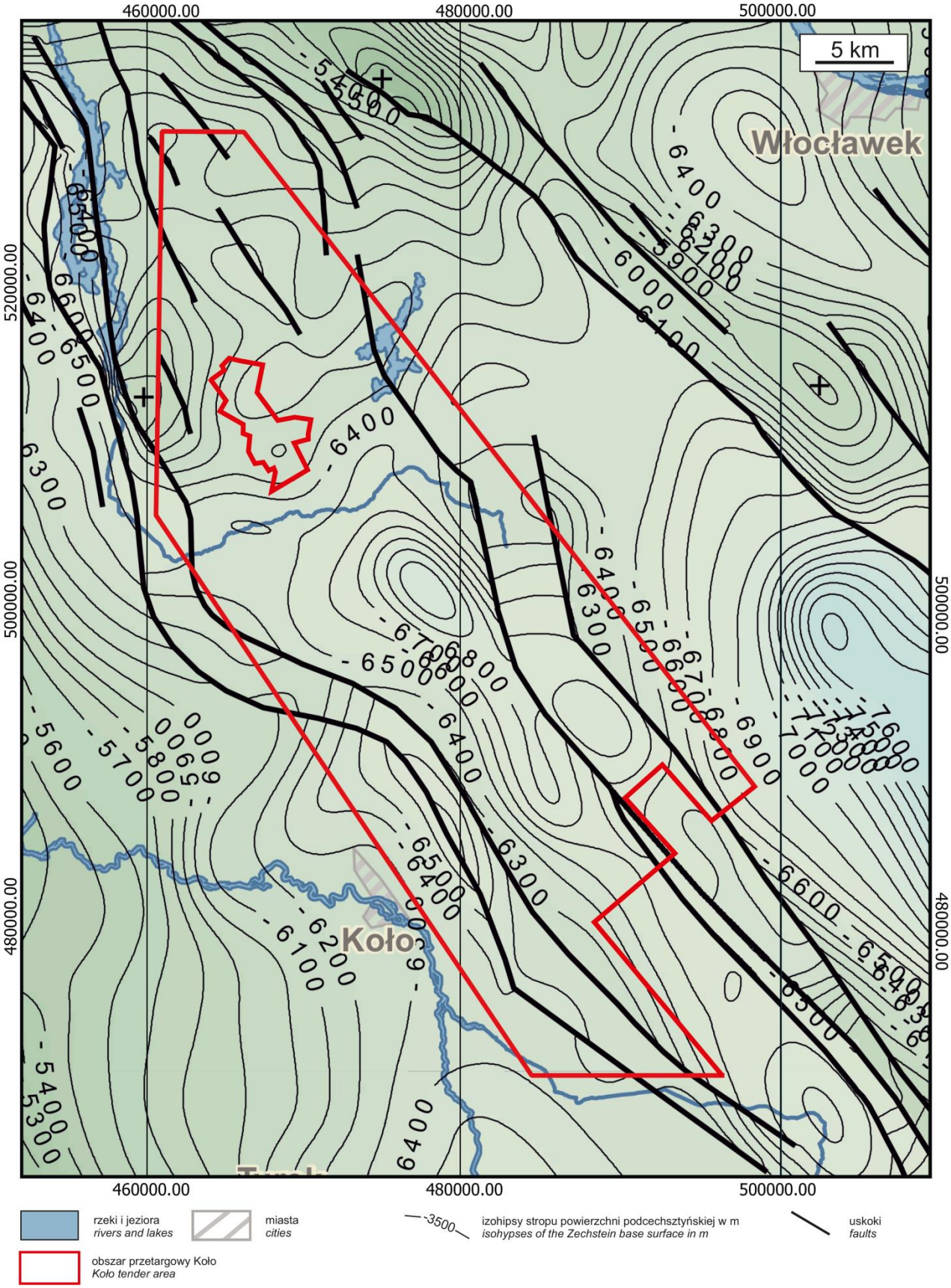


Fig. 2.6. Położenie obszaru przetargowego Koło na tle mapy powierzchni podcechsztyńskiej (Kudrewicz, 2007).

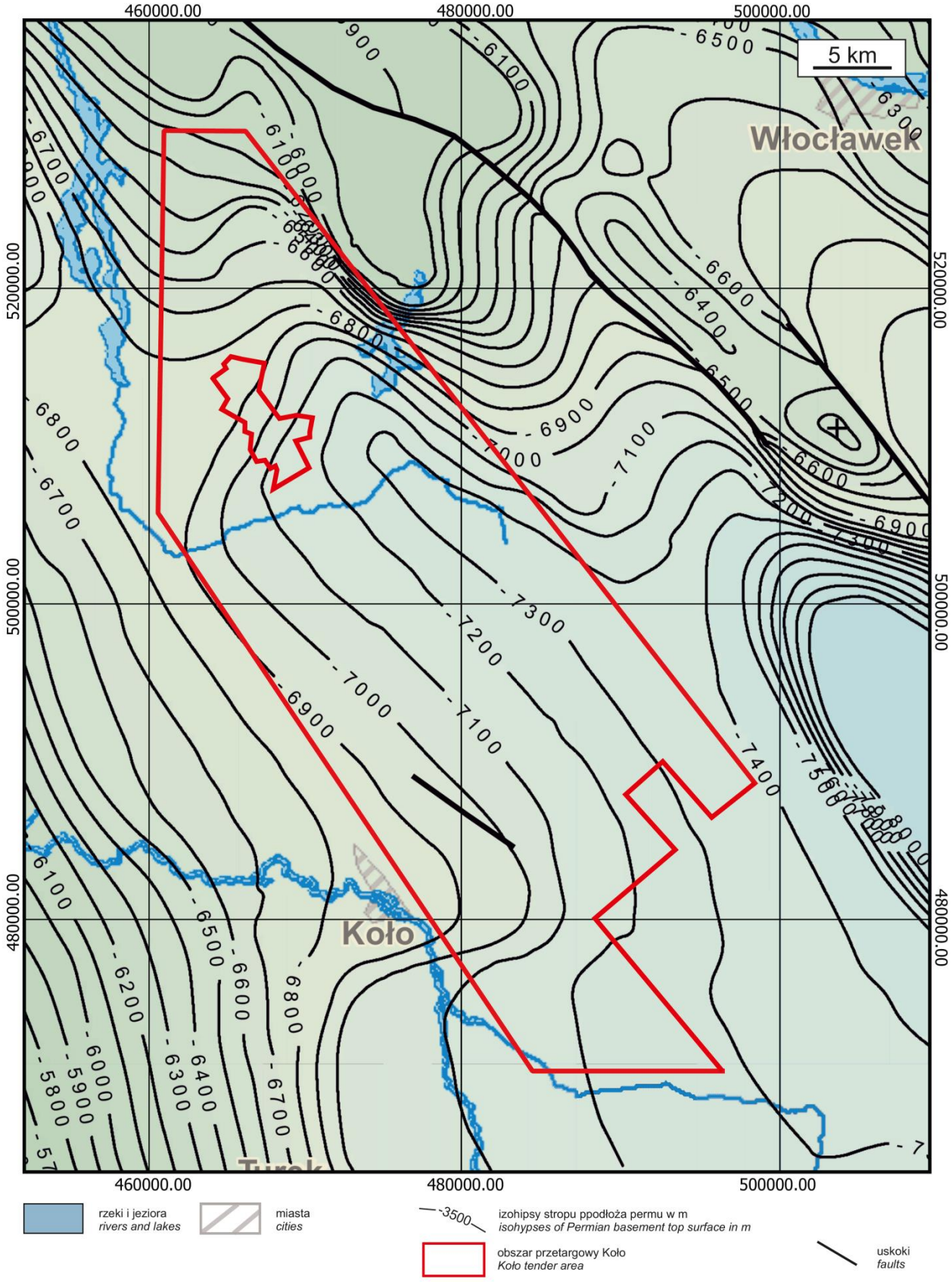


Fig. 2.7. Położenie obszaru przetargowego Koło mapie strukturalnej powierzchni podpermskiej (Kudrewicz, 2007).

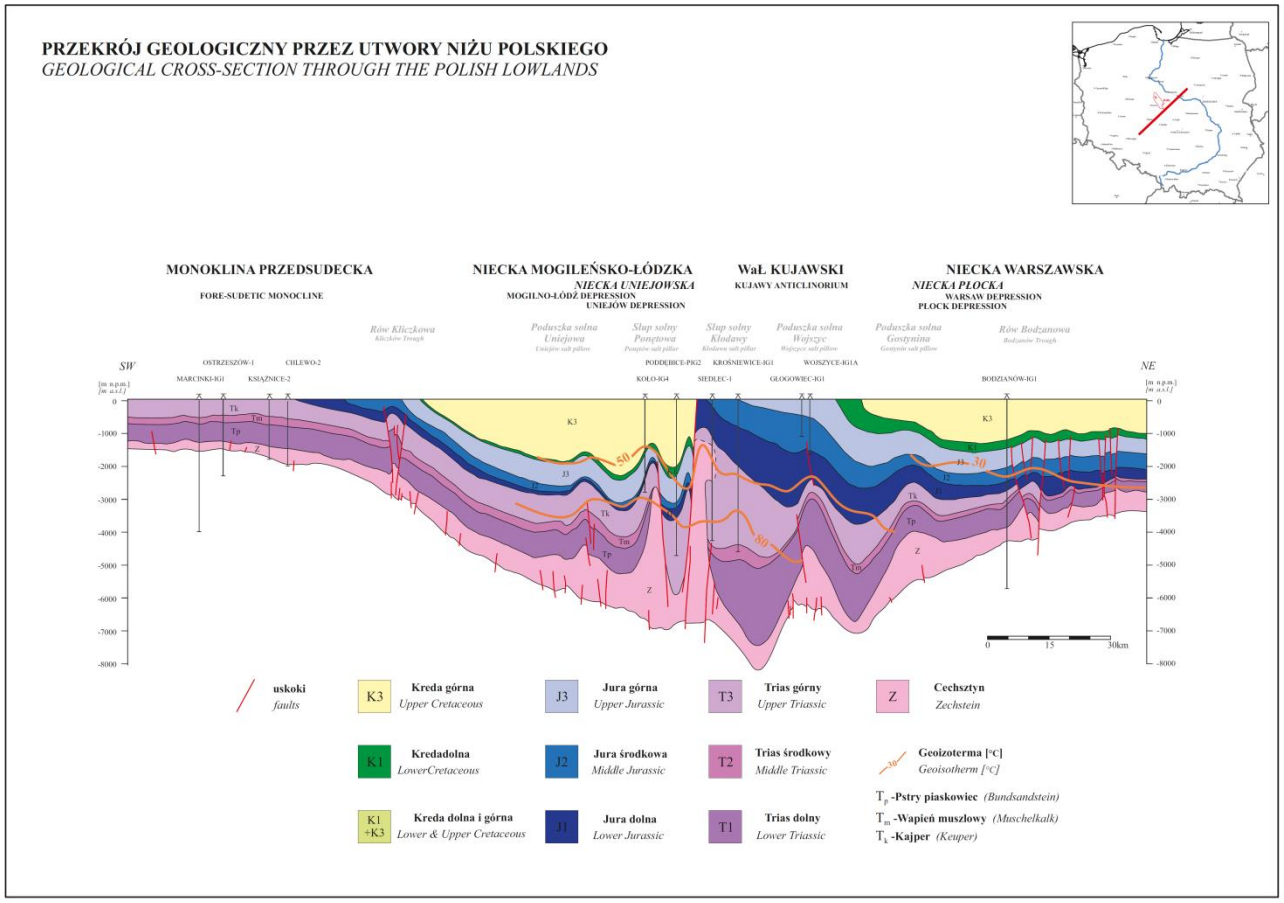


Fig. 2.8. Przekrój geologiczny przez utwory Niżu Polskiego (Górecki i Hajto, 2006, zmodyfikowane).

2.3. STRATYGRAFIA
2.3.1. KARBON

Rozprzestrzenienie i miąższość

W obrębie obszaru przetargowego Koło nie nawiercono skał wieku karbońskiego. Informacje na temat litologii zaczerpnięto z otworów Byczyna 1 oraz Malanów 1, znajdujących się w dalszym sąsiedztwie obszaru. Na podstawie dostępnych danych nie jest możliwe ustalenie miąższości karbonu, ponieważ żadne z wierceń nie przewierciło jego spągu.

Litologia i stratygrafia

Karbon w otworze Byczyna 1 (głębokość 5535,0–5728,0 m) jest reprezentowany w głównej mierze przez skały drobnookruchowe, przeważnie mułowce barwy ciemnoszarej o wysokiej zawartości łyszczyków, przewarstwione iłowcami i szarymi piaskowcami (Bloch i in., 1984). Piaskowce charakteryzuje niski stopień wysortowania materiału okruchowego. W składzie mineralnym dominuje kwarc (piaskowce sublityczne) z podrzędnie występującymi ziarnami skał metamorficznych, krzemionkowych i wulkanicznych. Miejscami ich zawartość przekracza 25% (arenity lityczne). Spoiwo piaskowców stanowi ilasta, często wapnista masa wypełniająca z rozproszoną substancją żelazistą. Lokalnie występuje gniazdowa cementacja węglanowa oraz autigeniczny kwarc w postaci obwódek syntaksjalnych wokół ziaren detrytycznych. Zwiększony udział cementu krzemionkowego, regeneracyjnego sprawia, że makroskopowo piaskowiec może być definiowany jako piaskowiec kwarcytyczny. Na południowy zachód od obszaru przetargowego Koło skały karbońskie charakteryzują się większym udziałem skał piaszczystych niż na północnym wschodzie, o zmiennym stopniu wysortowania. Charakteryzuje je wysoka zawartość skaleni, ziaren litycznych i muskowitu w składzie mineralnym. Ziarna mineralne oraz przekrystalizowane skalenie w wyniku kompakcji tworzą często pseudomatriks pomiędzy bardziej odpornymi składnikami szkieletu ziarnowego. W spągu piaskowców zalegają skały drobnoklastyczne (iłowce i mułowce) o wysokiej zawartości muskowitu oraz uwęglonego detrytusu organicznego.

Potencjał naftowy

Skały karbońskie stanowią jedną z podstawowych skał macierzystych na obszarze europejskiego basenu południowopermskiego, w tym również basenu polskiego (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2005; Kotarba i Lewan, 2004, 2013). Za szczególnie istotne uważa się skały karbonu górnego, gdzie rolę skał macierzystych pełnią pokłady węgli kamiennych. Zakłada się, że skały tego wieku występują w podłożu obszaru przetargowego Koło (Fig. 2.9), co stwarza duże nadzieje na możliwą generację i migrację węglowodorów do mezozoicznych formacji zbiornikowych podczas procesów halokinezy.

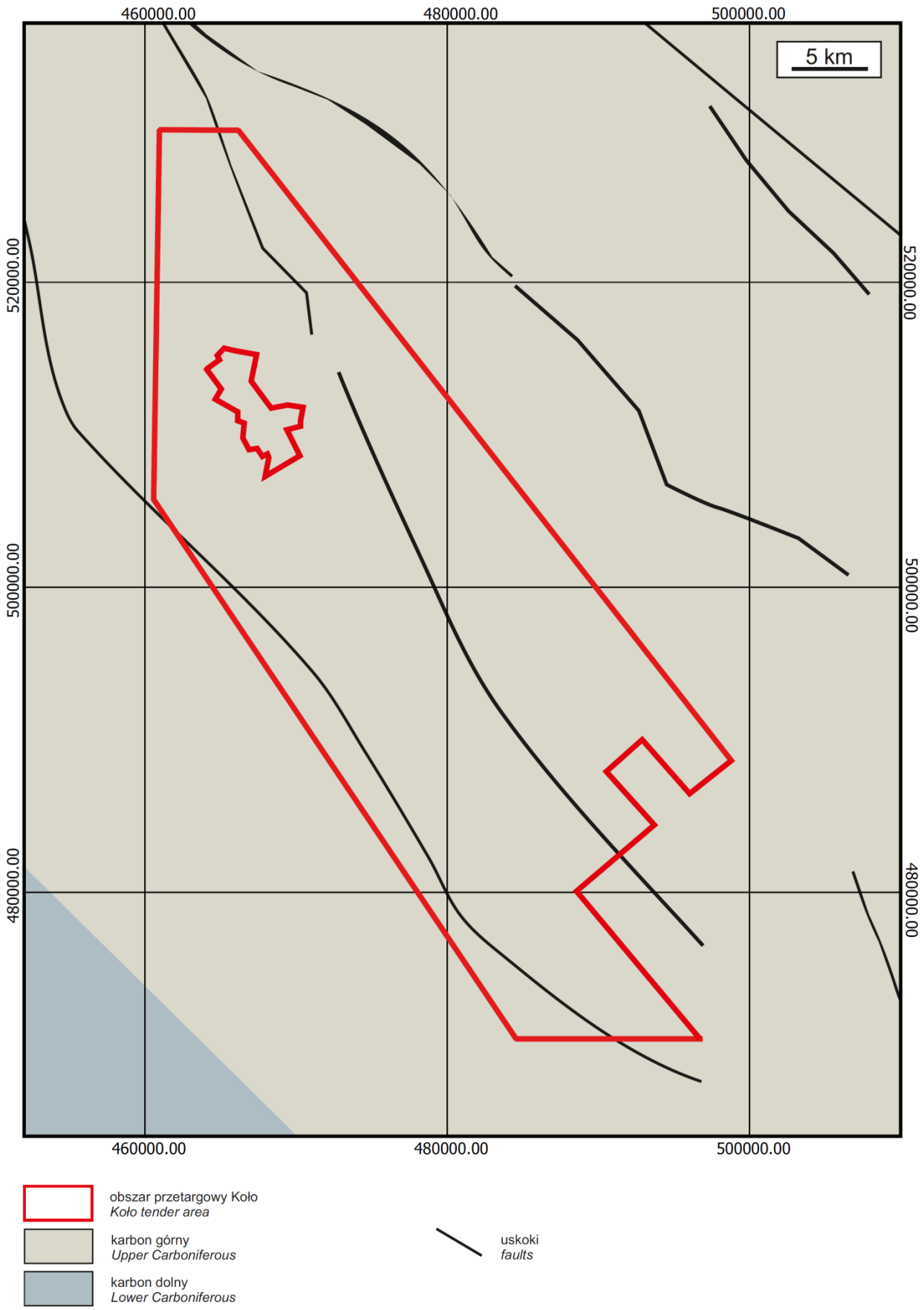


Fig. 2.9. Położenie obszaru przetargowego Koło na Mapie geologicznej Polski bez utworów kenozoicznych, mezozoicznych i permskich (Waksmundzka i Buła, 2017).

2.3.2. PERM – CZERWONY SPĄGOWIEC

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory czerwonego spągowca na obszarze przetargowym Koło są praktycznie nierozpoznane. Żaden z położonych w jego obrębie otworów wiertniczych ich nie nawierca. Najbliższymi otworami, w których zanotowano skały czerwonego spągowca, to Byczyna 1 (głębokość 5054,0–5535,0 m) Kutno-2 (6198,0–6577,2 m) i Malanów 1.

Utwory czerwonego spągowca na obszarze Koło są głęboko pogrążone oraz odznaczają się prawdopodobnie budową blokową. Poszczególne bloki oddzielone są uskokami o generalnym trendzie NW-SE. Najgłębiej pogrążona jest centralna część omawianego obszaru (Fig. 2.7). Strop czerwonego spągowca może tam sięgać ponad 7000 m p.p.m. Pozostała część charakteryzuje się nieco płytszym zaleganiem w przedziale ok. 6000–6400 m p.p.m. (Fig. 2.10).

Miąższość czerwonego spągowca na obszarze przetargowym Koło jest przypuszczalnie znaczna. Najmniejsze wartości występują w północnej części obszaru – poniżej 600 m, zaś w kierunku południowo-zachodnim czerwony spągowiec może przekraczać 800 m (Wagner i in., 2008; Gast i in., 2010).

Litologia i stratygrafia

Ogólny profil zmienności litologiczno-facjalnej czerwonego spągowca oparto na danych z otworu Byczyna 1 (Bloch i in., 1984), położonego w odległości około 10 km od północno-wschodniej krawędzi obszaru Koło, oraz na interpretacji przedstawionej na mapie paleogeograficznej schyłku depozycji osadów górnego czerwonego spągowca (Kiersnowski i in., 2020; Fig. 2.11).

Profil czerwonego spągowca najprawdopodobniej jest ograniczony do występowania wyłącznie serii osadowej (odpowiednik tradycyjnego wydzielenia sakson sensu Pokorski, 1981, 1988, 1997). Składa się ona z ciemnobrunatnych i czerwonych mułowców, iłowców oraz drobnoziarnistych piaskowców. Zaobserwowano wśród nich liczne, występujące w pewnych poziomach, nodule anhydrytowe. Depozycja osadów odbywała się w marginalnej, południowo-wschodniej części plaji-jeziora (Kiersnowski i in., 2020; Fig. 2.11). Generalnie, pod względem facjalnym i właściwości petrofizycznych (otwór Byczyna 1: porowatość 0,06–4,08%, przepuszczalność w granicach 0,01 mD), utwory górnego czerwonego spągowca na obszarze Koło nie posiadają własności zbiornikowych pożądanych dla poszukiwań naftowych.

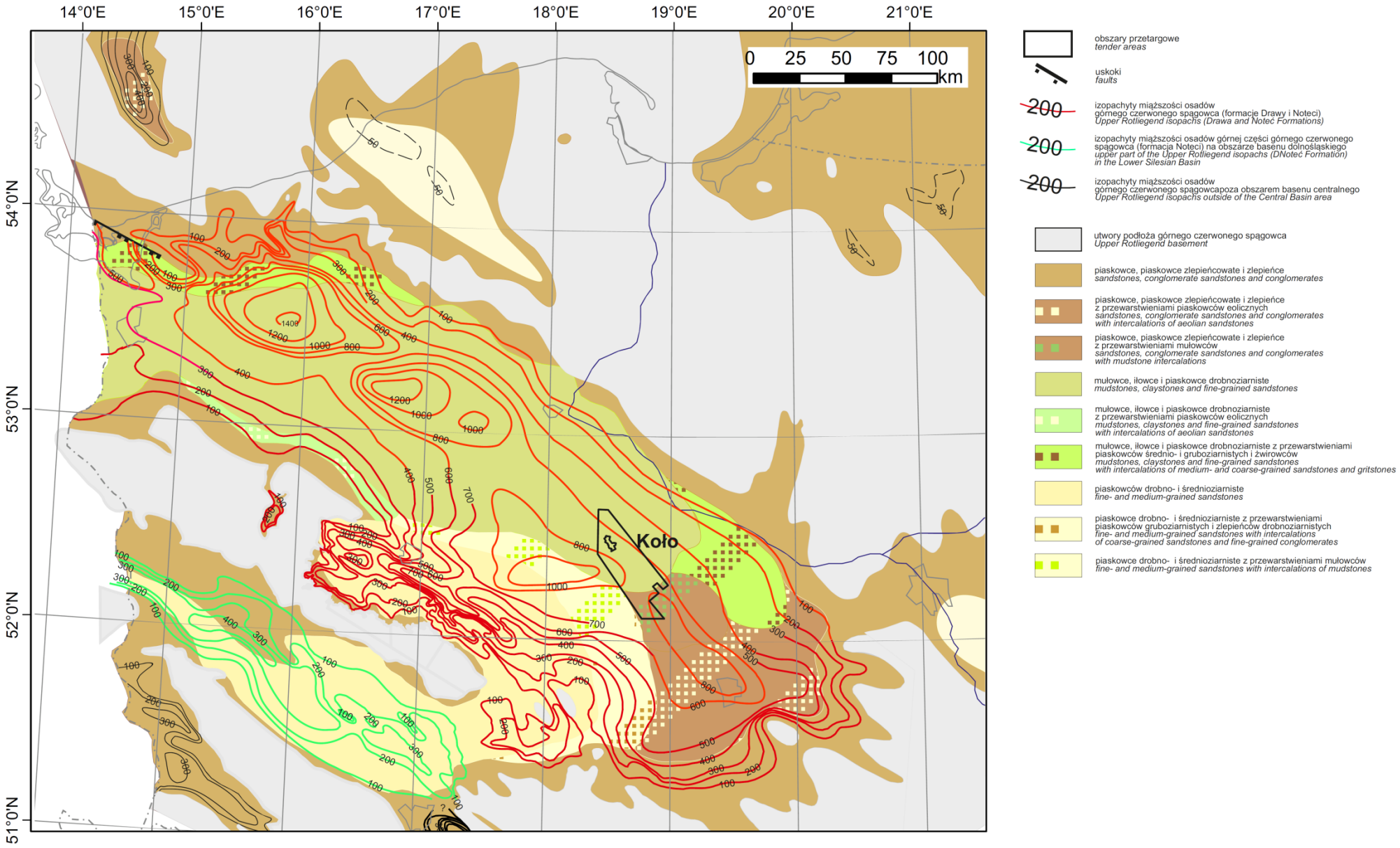


Fig. 2.10. Położenie obszaru przetargowego Koło na mapie miąższościowo-facjalnej górnego czerwonego spągowca (Wagner i in., 2008).

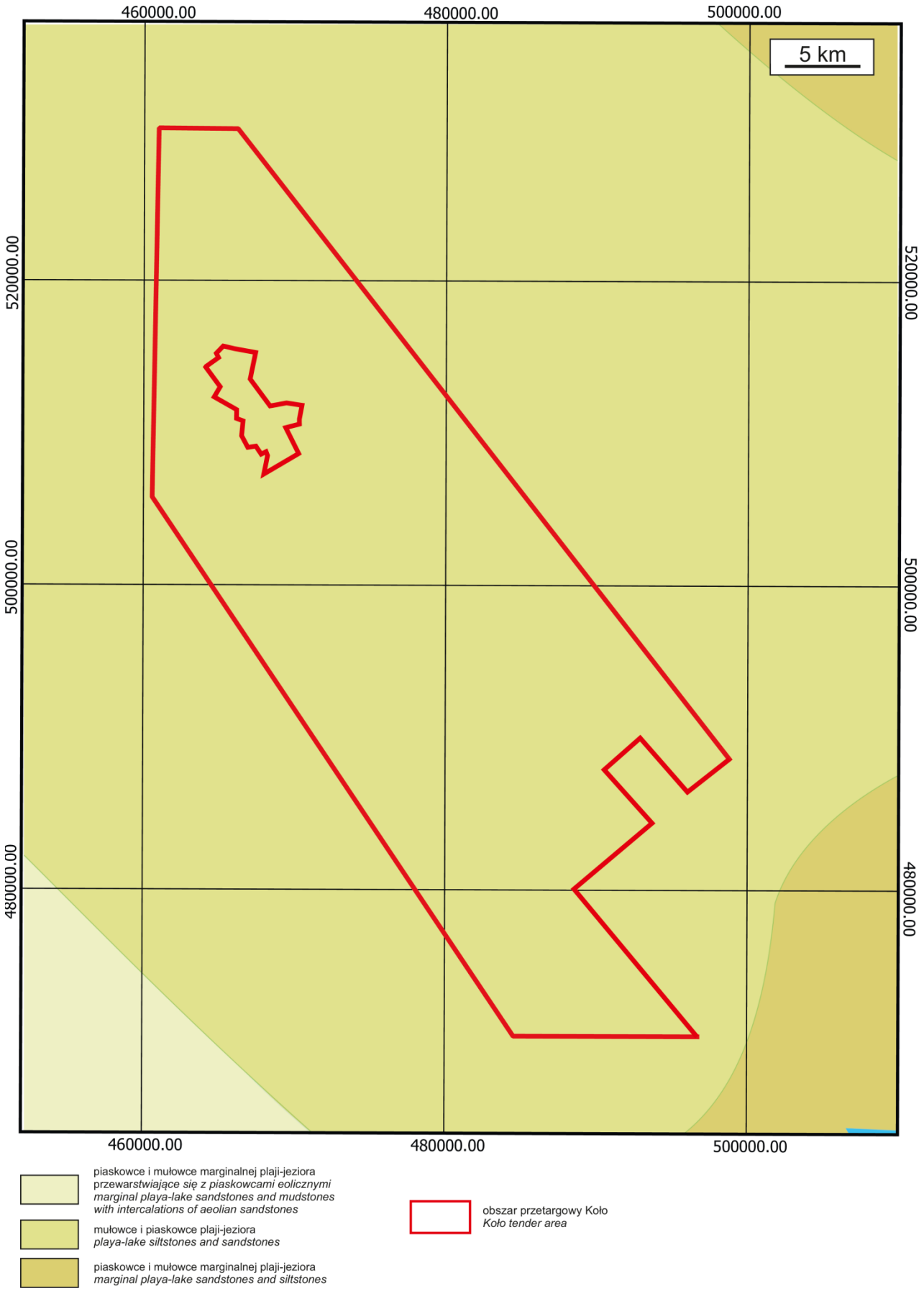


Fig. 2.11. Położenie obszaru przetargowego Koło na mapie paleogeograficznej schyłku depozycji osadów górnego czerwonego spągowca (Kiersnowski i in., 2020).

2.3.3. PERM – CECHSZTYN

Rozprzestrzenienie i miąższość

Skały górnego permu – cechsztynu rozpoznano w 10 otworach wiertniczych na obszarze przetargowym Koło:

- Augustynowo 1: 300,0–630,0 m,
- Bierzwienna K-31: ?227,6–1020,4 m,
- Izbica 2: 219,6–1200,0 m,
- Izbica Kujawska K-37: 354,5–1212,3 m,
- Izbica Kujawska K-67: 310,0–521,0 m,
- Izbica Kujawska K70: 215,3–590,5 m,
- Kłodawa 71: 118,0–510,0 m,
- Marcjanowo K-33: 334,7–1002,7 m,
- Podtymień K-69: 412,0–600,1 m,
- Przybyłów 1: 3855,0–3857,0 m.

Rejon Koła, położony obecnie w osi wielkiego basenu cechsztyńskiego w Polsce (np. Wagner, 1995), nie posiada na swoim terenie wystarczająco głębokiego otworu wiertniczego by udokumentować w nim pełny profil cechsztynu. Pośrednich informacji o sukcesji i wykształceniu utworów górnego permu dostarcza występujący tu wysad solny w Kłodawie, wynoszący ku powierzchni skały cechsztynu, dostępne obserwacjom dzięki wyrobiskom podziemnej Kopalni Soli KŁODAWA S.A.

W kopalni dobrze rozpoznano większość wydzieleń litostratygraficznych cechsztynu, jedynie występowanie najniższej partii sukcesji utworów cyklotemu PZ1, obejmującej łupek miedzinośny (T1), wapień cechsztyński (Ca1) i anhydryt dolny (A1d), jest dotychczas niewystarczająco udokumentowane (por. Burliga i in., 1995; Mazurek i in., 2016; Misiek, 1997; Werner i in., 1960). Ich przypuszczalną obecność oparto na odnotowaniu zaklinowanych w sfałdowanych kompleksach soli kamiennej cyklotemu PZ2 porwaków utworów węglanowych i siarczanowych (np. Sadowski i in., 2007), jednak główną przesłanką ich obecności w tym miejscu jest regionalne rozprzestrzenienie w basenie cechsztyńskim w Polsce (Oszczepalski i Rydzewski, 1987, 1991; Peryt i Antonowicz, 1990; Peryt i Peryt, 2012; Peryt i Wagner, 1998; Wagner, 1995). Być może głębsze rozcięcie wysadu w miarę dalszej jego eksploatacji przez kopalnię dostarczy pewniejszych danych o wspomnianych wydzieleniach.

Pozycję stratygraficzną i szacowane miąższości utworów cechsztynu występujących w okolicach Koła przedstawiono w Tab. 2.1. Podane wielkości miąższości bazują na obserwacjach z wysadu solnego w Kłodawie (dane te są jedynie przybliżone, reprezentują zwykle miąższości pozorne a nie rzeczywiste, gdyż w wysadzie poszczególne wydzielenia poddane zostały intensywnej tektonice, powodującej duplikacje lub redukcje ich miąższości a nawet ich brak w różnych analizowanych profilach) i danych regionalnych (np. Czapowski 1994; Czapowski i in., 1991, 1994; Wagner, 1995).

Informacje o utworach cechsztynu, ich miąższości, wykształceniu facjalnym poszczególnych wydzieleni litologicznych w otoczeniu wysadu Kłodawy można natomiast znaleźć w pracy Wagnera (1998; Fig. 2.12).

Litologia i stratygrafia

PZ4
stropowa seria terygeniczna (PZt) – profile sukcesji utworów cechsztynu w wysadzie solnym w Kłodawie nie zarejestrowały dotychczas obecności utworów schyłkowych permu, określanych jako stropowa seria terygeniczna (PZt; Wagner, 1995). Podobieństwo litologiczne (głownie czerwone iłowce i mułowce, ze skupieniami anhydrytu) do stropowych partii utworów zubra czerwonego uniemożliwia makroskopowe rozróżnienie obu wydzieleń. Podobnie, osady stropowej serii terygenicznej mogą być wliczane – przy braku dokumentacji rdzeniowej – do utworów dolnego triasu, zarejestrowanych w sekcjach sejsmicznych z omawianego obszaru. **Miąższość:** (60–120 m)
zuber czerwony (Na4t) = formacje: Korytnicy + Iny + Pilawy – utwory zubra czerwonego (Na4t) kończą profil osadów cechsztynu, możliwy do prześledzenia w wyrobiskach górniczych w wysadzie solnym w Kłodawie. Budują je rytmicznie laminowane, szare do beżowych sole kamienne, warstwowane i beztekstural ne, czasem z fragmentami iłowców oraz brunatne zubry warstwowane i beztekstural ne, często z różnej wielkości fragmentami iłowców. Skały te przedzielone są warstwami brunatnych iłowców i brekcji iłowcowej grubości od dcm do kilkudziesięciu m. W części stropowej profilu występują iłowce margliste z cienkimi przerostami i konkrecjami węglanów i anhydrytu. Odpowiednikiem tego wydzielenia w części osiowej zbiornika sedymentacyjnego cyklu PZ4 są 3 formacje zubrowe: Wałcza, Iny i Pilawy, których osady (iłowce z przewarstwieniami soli kamiennej i soli zailonej oraz w dolnej części

ich sukcesji – z przewarstwieniami anhydrytu).
Miąższość: 90–160 m (do 217 m)

najmłodsza sól kamienna (Na4a) = najmłodsza sól kamienna dolna (Na4a1) + najmłodsza sól kamienna górna (Na4a2) – analizowane sole kamienne cyklotemu PZ4 w wysadzie solnym w Kłodawie reprezentują łączne wydzielenie najmłodszej soli kamiennej (Na4a). Buduje je głównie sól różowa z odcieniem cielistym i łososiowym oraz pomarańczowa, grubo- i średniokrystaliczna, przewarstwiona solą kamienną zailoną oraz smugowana i laminowana anhydrytem.
Miąższość: 20–140 m (kilka – 80 m)

anhydryt pegmatytowy dolny (A4a1) – utwory anhydrytu pegmatytowego opisane w wysadzie w Kłodawie to warstwa miąższości 0,6–1 m ciemnoszarego anhydrytu, laminowanego iłem, ze skupieniami brunatnego i białoszarego halitu. Regionalnie, w dolnej części skały te są wykształcone jako płytkowodne masywne anhydryty z poziomami selenitowych kryształów (pseudomorfozy po kryształach gipsu).
Miąższość: 0,6–1 m (0,5–1,5 m)

sól podścielająca (Na4a0) – utwory tego wydzielenia w wysadzie w Kłodawie to białoszara sól kamienna średnio- i grubokrystaliczna, ze smugami anhydrytu, w spągu zawiera okruchy iłowców (zapewne czerwonego iłu solnego) i zubra brunatnego.
Miąższość: 2–3 m (0,5–3 m)

czerwony ił solny (T4a) – utwory, które można przypisać temu wydzieleniu w wysadzie w Kłodawie, to cienka, miejscami wyprasowana tektonicznie do kilku cm – warstwa szaro-czerwonawego iłu z większymi kryształami halitu, występująca pomiędzy utworami zubra brunatnego a solą podścielającą (Na4a0). W regionalnej analizie basenu cyklu PZ4 cechsztynu opisano te utwory jako czerwone mułowce i iłowce z przewarstwieniami piaskowców w dolnej i górnej części profilu.
Miąższość: ok. 0,4 m (2–40 m)

PZ3

zuber brunatny = ogniwo z Tuczna (Na3t) – utwory zubra brunatnego (Na3t) w wysadzie solnym w Kłodawie, w dolnej części jego profilu, buduje głównie szara sól kamienna warstwowana równolegle iłem z domieszką anhydrytu i podrzędnymi cienkimi warstwami szaro-beżowej soli kamiennej beztekstural nej oraz przewarstwieniami brunatnego zubra beztekstural nego grubości od dcm do 4 m i brunatnego iłowca do 2 m. Górną część profilu tworzy zuber beztekstural ny z przewarstwieniami iłowca miąższości do kilku metrów. Lokalnie występuje kilkumetrowej grubości wkładka brekcji iłowcowej. Wagner (1995) nadaje temu wydzieleniu rangę ogniwa z Tuczna.
Miąższość: 100–110 m (30–70 m)

młodsza sól kamienna górna (Na3b) – utwory młodszej soli kamiennej górnej w wysadzie solnym w Kłodawie mają miąższość 4–16 m i są reprezentowane przez sól kamienną cielistą, różowawą i pomarańczową, różnokrystaliczną, średnio- do grubokrystalicznej, w dolnej części profilu bezstrukturalną, a wyżej regularnie warstwowaną anhydrytem z domieszką substancji ilastej w odstępach 17–22 cm. Ponadto w górnej części profilu soli kamiennej dolnej opisano pojedyncze szczeliny z wysychania głębokości ok. 40 cm, analogiczne do występujących w niżejległych, stropowych utworach młodszej soli potasowej. Główne minerały w tych solach to halit, anhydryt, minerały ilaste oraz sylwin i karnalit, sporadycznie automorficzny kwarc.
Miąższość: 4–16 m

utwory przejściowe Na3+K3 – na utwory potasonośne cyklotemu PZ3 składają się w wysadzie solnym w Kłodawie: starsza sól potasowa (K2) i przylegające do niej utwory przejściowe Na3+K3, zawierające skupienia chlorkowych soli K-Mg. Warstwy przejściowe Na3+K3 w wysadzie solnym występują w ciągłości z utworami młodszej soli kamiennej dolnej (Na3a). Buduje je sól kamienna drobnokrystaliczna, szara, laminowana rytmicznie warstewkami karnalitowo-kizerytowymi, z kilkoma warstwami karnalitowca kizerytowego, białego z różowymi smugami, grubości pozornej 0,3–5,3 m. Z kolei utwory młodszej soli potasowej (K3) tworzy przemiennie sól kamienna średnio- i drobnokrystaliczna, warstwowana substancją ilastą i anhydrytem, z laminami i gniazdami karnalitu z kizerytem oraz warstwy karnalitowca kizerytowego z gniazdami grubokrystalicznego i kryształowego halitu równokrystalicznego. Zbudowana z karnalitowca seria solna grubości 15–45 m, wyróżniana jako tzw. pokład przemysłowy, występuje w środkowej części wydzielenia.
Miąższość: <18 m; 20–120 m (do 20 m)

młodsza sól kamienna dolna (Na3a) – utwory młodszej soli kamiennej dolnej w wysadzie solnym w Kłodawie są reprezentowane przez sól kamienną białą, białoszarą, równo- do różnokrystalicznej, średnio- do grubokrystalicznej, regularnie warstwowaną – tzw. sól liniowana anhydrytem w odstępach 5–25 cm. Ponadto w obrębie górnej części profilu soli kamiennej dolnej występują lokalnie grube soczewy i żyły (3–8 metrów grubości – epigenetycznego karnalitowca kizerytowego i sylwinitu oraz strefy nagromadzeń niebieskiego halitu.
Miąższość: 120–180 m (ponad 300 m, włączając wydzielenia: Na3a, Na3+K3, K3 i Na3b)

anhydryt główny (A3) – utwory anhydrytu głównego opisane w wysadzie w Kłodawie to szary anhydryt, beztekstural ny (masywny) smugowany substancją ilastą, silnie spiekany, z żyłami epigenetycznego halitu, polihalitu i sylwinu. Analiza regionalna wykształcenia tych utworów szacuje podobną grubość osadów siarczanowych w centrum basenu ewaporatowego, wykształconych w dolnej części jako płytkowodne masywne anhydryty z przejściem do bardziej głębokowodnych laminowanych w części górnej profilu.

Miąższość: 30–40 m (30–40 m)

dolomit płytowy (Ca3) – utwory tego wydzielenia w wysadzie w Kłodawie to brunatnoszare dolomity z domieszką iłu, grubości 0,5–0,7 m. Regionalne wykształcenie tych utworów w centrum zbiornika cyklu PZ3 wskazuje na obecność osadów zbudowanych z zailonych, warstwowanych madstonów dolomitowych z przewarstwieniami magnezytu. Zawierają one miejscami faunę małży i mikrofaunę oraz peloidy.
Miąższość: <1 m (2–4 m)

szary ił solny (T3) – utwory przypisane temu wydzieleniu w wysadzie w Kłodawie reprezentują głównie ciemnoszare iłowce łupkowe, w dolnej części zapiaszczone, z domieszką anhydrytu i kalcytu, zaś w górnej zawierają magnezyt. W spągu serii iłowcowej odnotowano obecność ziaren kwarcu oraz fauny mięczaków i ramienionogów. W regionalnej analizie basenu cyklu PZ3 cechsztynu opisano te utwory jako szare i ciemnoszare mułowce i iłowce z piaszczystymi przewarstwieniami w środkowej i górnej części profilu.
Miąższość: ok. 6 m (0,5–3 m)

PZ2

anhydryt kryjący (A2r) – utwory tego wydzielenia, kończące profil geologiczny cyklotemu PZ2, buduje w wysadzie solnym w Kłodawie szary anhydryt, laminowany iłem.
Miąższość: ok. 1 m (1–4 m)

starsza sól kamienna kryjąca (Na2r) – utwory starszej soli kamiennej kryjącej w wysadzie solnym w Kłodawie tworzy sól kamienna biała, białoszara i pomarańczowa, grubo- i średniokrystaliczna, smugowana i laminowana anhydrytem z domieszką substancji ilastej oraz miejscami bezteksturalna z rozproszonym anhydrytem i wtórnym polihalitem. Główne minerały to halit, anhydryt, minerały ilaste, sylwin oraz wtórny kizeryt i polihalit.
Miąższość: 1–3 m (2–10 m)

utwory przejściowe Na2+K2 oraz **starsza sól potasowa (K2)** – na utwory potasonośne cyklotemu PZ2 składają się w wysadzie solnym w Kłodawie: starsza sól potasowa (K2) i przylegające do niej utwory przejściowe Na2+K2, zawierające skupienia chlorkowych soli K-Mg. Miąższość tych utworów jest szacowana na 11–17 m, w tym utwory przejściowe to ok. 5 m. Warstwy przejściowe Na2+K2, płynnie przechodzące w spągu w utwory starszej soli kamiennej (Na2), buduje sól kamienna grubokrystaliczna, białoszara z domieszkami iłu, laminowana anhydrytem, która w stropowej części zawiera skupienia i mniej lub bardziej regularne przerosty soli K-Mg (tzw. rytmy halitowo-karnalitowe), zdominowane przez kizeryt, polihalit, karnalit i sylwin. Z kolei serie starszej soli potasowej (K2) tworzy sól potasowa twarda, anhydrytowo-sytlwinitowo-polihalitowa, która w dolnej partii zawiera domieszki karnalitu i kizerytu oraz langbeinitu, bischofitu i kainitu. Analiza regionalna charakteru depozycji utworów chlorkowych cyklu PZ2 (obejmująca połączone wszystkie wydzielenia solne: Na2, Na2+K2< K2 i Na2r) wskazuje na możliwość nagromadzenia w centrum basenu salinarnego osadów chlorkowych grubości 600–800 m.
Miąższość: utwory przejściowe Na2+K2 – ok. 5 m**;** starsza sól potasowa K2 – 6–12 m (kilka – 120 m)

starsza sól kamienna (Na2) – omawiane utwory w wysadzie solnym w Kłodawie buduje generalnie sól kamienna biała i białoszara, grubo- i średniokrystaliczna, lokalnie równokrystaliczna i drobnokrystaliczna z soczewami soli kryształowej wtórnej. Sól ta jest smugowana i laminowana anhydrytem z domieszką substancji ilastej, o grubości lamin do kilku milimetrów w odstępach 5–40 cm, tworząc rytmy solno-anhydrytowe. W dolnej części profilu wydzielenia dominuje sól średniokrystaliczna, w górnej części przeważa dość czysta sól grubo- i średnioziarnista, biała i biaława z odcieniem niebieskawym, półprzezroczysta. Obserwowana laminacja w strefie brzeżnej wysadu jest plastycznie zdeformowana, tworząc systemy fałdów różnej wielkości. W dolnej części profilu, w pobliżu filaru brzeżnego kopalni, sól jest silniej zaangażowana tektonicznie, jest ona bezteksturalna, różno- i grubokrystaliczna, pojawiają się tu centymetrowe przerosty anhydrytowo-solne z czarno-szarą domieszką substancji ilastej. Liczne systemy poprzecznych spękań soli są zabliźnione epigenetycznym polihalitem, zaś w stropie profilu soli w partiach zaangażowanych tektonicznie występują skupienia niebieskiego halitu, którym niekiedy towarzyszy sylwin. Miąższość utworów solnych oszacowano na ok. 300 m. Główne minerały to halit, anhydryt i minerały ilaste.
Miąższość: ok. 300 m (600–800 m, włączając wydzielenia: Na2, Na2+K2 i K2)

anhydryt podstawowy (A2) – utwory anhydrytu podstawowego opisane w wysadzie w Kłodawie to szary anhydryt, laminowany równolegle substancją ilastą, będący często kolektorem gazów i cieczy, najczęściej występujący w postaci porwaków tektonicznych w kompleksach soli kamiennej. Analiza regionalna wykształcenia tych utworów wskazuje na obecność w centrum basenu ewaporatowego głębokowodnych anhydrytów warstwowanych i laminowanych.
Miąższość: do 20 m (2–4 m)

dolomit główny (Ca2) – utwory tego wydzielenia w wysadzie w Kłodawie to występujące głównie jako porwaki tektoniczne w masywach soli kamiennych iłowce margliste i iłomargle, bogate w bituminy. Niekiedy można zaobserwować beżowoszare, słabo smugowane dolomity. Regionalne wykształcenie tych utworów w centrum zbiornika cyklu PZ2 wskazuje na obecność osadów zbudowanych w dolnej części z bandstonów stromatolitowych i pakstonów bioklastycznych, w górnej zaś – z wakstonów z przewarstwieniami laminowanych łupków.
Miąższość: 0,3 – kilkanaście m (około 5 m)

łupek cuchnący (T2) – utwory przypisane temu wydzieleniu w wysadzie w Kłodawie to szary łupek dolomityczny, gęsto laminowany równolegle, bogaty w gazowe i ciekłe bituminy, występujący zwykle jako porwaki tektoniczne w kompleksach soli kamiennej. W regionalnej analizie basenu cyklu PZ2 cechsztynu nie uwzględniono tego wydzie-

lenia prawdopodobnie w wyniku trudności z jego oddzieleniem od podobnych litologicznie w dolnej części młodszych osadów dolomitu głównego (Ca2). **Miąższość:** 1–3,7 m
PZ1
anhydryt górny (A1g) – opisane w wysadzie w Kłodawie utwory anhydrytu górnego to szary anhydryt, laminowany równolegle substancją ilastą, i miejscami widocznym warstwowaniem soczewkowym. **Miąższość:** 1,3–20 m (około 50 m)
najstarsza sól kamienna (Na1) – w wysadzie solnym w Kłodawie chlorki są wykształcone w spągu profilu jako sól kamienna drobnokrystaliczna, brunatnoszara i miodowożółta, w stropowej części biała i kremowa (Misiek, 1997), średnio- do grubokrystalicznej, regularnie warstwowana równolegle co 4–5 cm laminami anhydrytowo-solnymi grubości 5–15 mm. Sól ta jest silnie przeobrażona tektonicznie. **Miąższość:** 300–315 m (kilkanaście – 50 m)
anhydryt dolny (A1d) – utwory warunkowo przypisane temu wydzieleniu w wysadzie w Kłodawie są wykształcone jako szare sparytowe i mikrytowe anhydryty. W świetle analizy regionalnego wykształcenia tych utworów stosunkowo cienką dolną część ich profilu budują płytkowodne anhydryty o strukturze gruzłowej i mozaikowej, zaś górną – osady głębokowodne nieregularnie warstwowane i regularnie laminowane. **Miąższość:** około 30 m (30–70 m)
wapień cechsztyński (Ca1) – utwory warunkowo przypisane temu wydzieleniu w wysadzie w Kłodawie są wykształcone jako brunatno-szare skały węglanowe. Opisy wykształcenia tych osadów na obszarze równi basenowej przedstawiają je jako wapienie mikrytowo-sparytowe w dolnej części profilu i onkolitowo-stromatolitowe w górnej. **Miąższość:** 1–3 m (5–10 m)
łupek miedzionośny (T1) – ciemnoszary iłowiec, iłomargiel i margiel łupkowy, silnie spękane i lokalnie okruszcowane pirytem. Analiza regionalna opisuje te utwory jako szaroczarne, wapniste łupki, z okruszcowaniem siarczkami miedzi, ołowiu i cynku. **Miąższość:** ≥ 1 m (0,3–0,6 m)

Tab. 2.1. Stratygrafia, litologia i szacowana miąższość utworów cechsztynu w okolicach Koła (Wagner, 1995; Tomassi-Morawiec i in., 2008, 2009, 2019; Misiek, 1997; Oszczepalski i Rydzewski, 1987, 1991; Peryt i Antonowicz, 1990; Burliga i in., 1995; Czapowski i Tomassi-Morawiec, 2018; Hanczke, 1969; Charysz, 1973; Werner, 1972; Dębski i in., 1989). Miąższość podano na podstawie obserwacji wysadu solnego w Kłodawie, w nawiasie – szacunki regionalne.

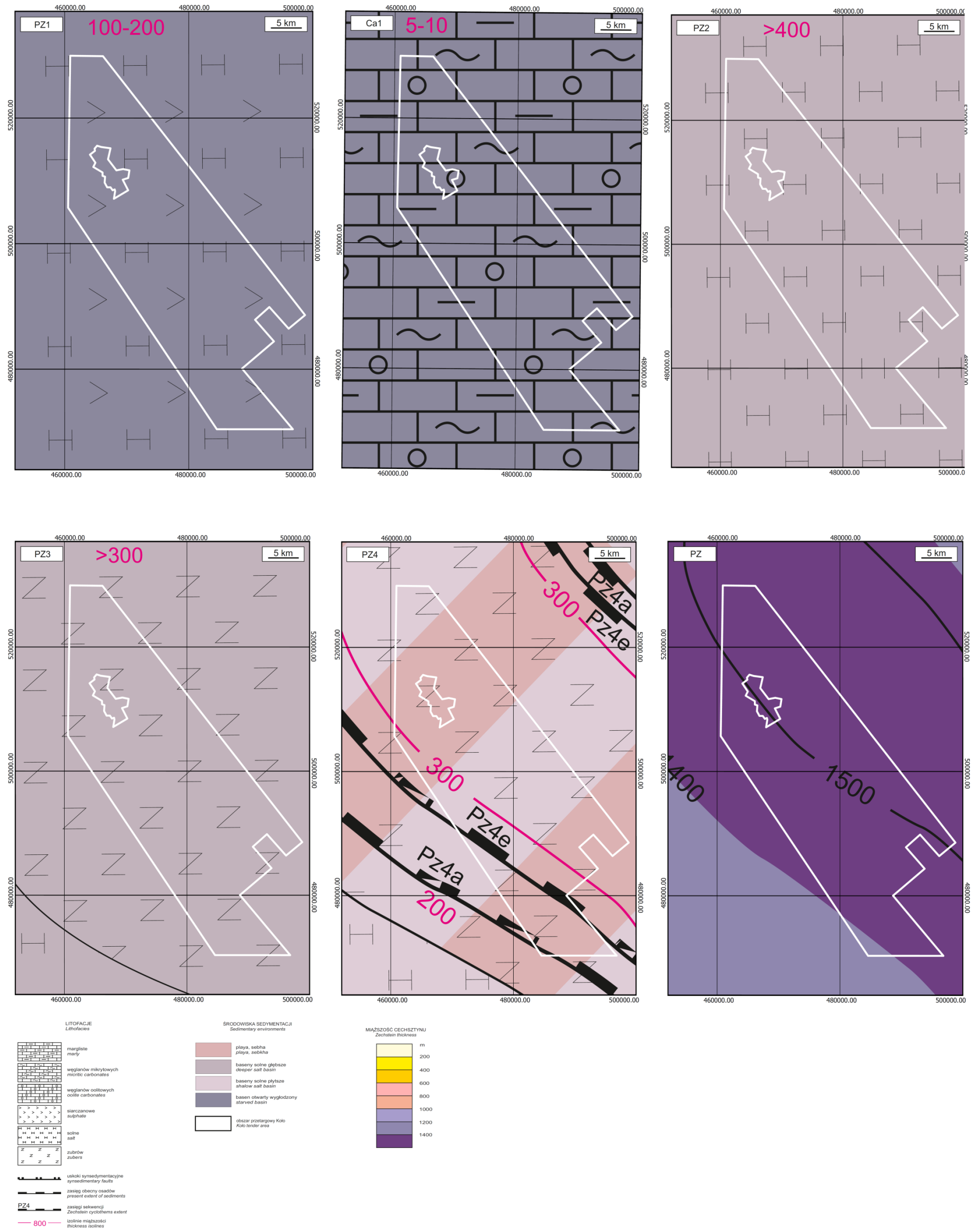


Fig. 2.12. Paleogeografia oraz miąższości poszczególnych cyklotemów cechsztynu (PZ1–PZ4), wapienia cechsztyńskiego (Ca1) oraz miąższość cechsztynu ogółem (PZ) na obszarze przetargowym Koło (Wagner, 1998).

2.3.4. TRIAS

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory triasu rozpoznano w 3 otworach wiertniczych na obszarze przetargowym Koło:

- Augustynowo 1: 203,5–300,00 m,
- Koło GT-1: 3876,5–3905,0 m,
- Przybyłów 1: 2766,5–3855,0 m.

Zróżnicowane miąższości osadów triasu są ściśle związane z tektoniką solną. Największe miąższości zanotowano po stronie wschodniej strefy wysadu Kłodawy, gdzie miejscami przekraczają 1500 m. Podwyższone miąższości triasu, przekraczające 1000 m, występują również w obrębie strefy Ponętów-Wartkowice (1088,5 m – Przybyłów 1). W bliskim sąsiedztwie i powyżej wysadu Kłodawy trias jest całkowicie zredukowany (Izbica Kujawska K-37, K-67, K70, Kłodawa 71, Marcjanowo K-33, Izbica 2, Podtymień K-69).

Litologia i stratygrafia

Najpełniejszy profil triasu w obrębie obszaru przetargowego Koło rozpoznano w otworze Przybyłów 1, położonym przy południowo-zachodnim krańcu obszaru, przy południowo-zachodniej granicy strefy wysadowej Ponętów-Wartkowice. Występują w nim facje pstrego piaskowca/retu o miąższości 137,0 m, wapienia muszlowego (416,0 m) oraz kajpru (535,5 m).

Utwory pstrego piaskowca powstawały w płytkim, morskim zbiorniku epikontynentalnym, który przekształcał się w rozległe, okresowo wynurzane, słone jezioro. W okresach spokojnej stagnacji dochodziło do sedymentacji kompleksów ewaporatowych oraz wkładek gipsowo-anhydrytowych. W czasie transgresji natomiast powstawały skały klastyczne i węglanowe. Profil triasu w południowej części obszaru rozpoczynają mułowce i iłowce brunatno-czerwone, szare lub szaro-zielone z możliwymi wkładkami piaskowców o spoiwie ilasto-wapnistym, należące do facji pstrego piaskowca dolnego i środkowego. Powyżej w profilu występują mułowce czerwone przewarstwione drobnymi wkładkami piaskowców drobnoziarnistych oraz piaskowców o spoiwie wapnistym/dolomitycznym, zaliczanym do pstrego piaskowca górnego (retu). W górnej części dominują mułowce dolomityczne przewarstwione anhydrytami oraz marglami o barwie ciemnoszarej. W południowo-wschodniej części obszaru górny ret charakteryzuje się przeważającym udziałem skał węglanowych (wapieni marglistych i gruzłowych) z podrzędnie spotykanymi skałami ilastymi, wapnistymi, przez co przejście pomiędzy wyżej leżącą facją wapienia muszlowego jest płynne.

Do depozycji facji wapienia muszlowego dochodziło w obszernym płytkomorskim basenie epikontynentalnym, głównie w strefie sublitoralnej (Sikorska-Jaworowska i Jaworowski, 1997). W obrębie facji wapienia muszlowego dominują wapienie drobnokrystaliczne, dolomityczne, margliste i gruzłowe o różnych odcieniach szarości przewarstwione ciemnymi iłowcami marglistymi, ciemnoszarymi/brunatnymi. Rzadziej spotykane są piaskowce wapniste lub ze skupieniami anhydrytu.

Osady kajpru były deponowane w rozległym, płytkowodnym zbiorniku kontynentalnym (o charakterze lagunowym), będącym pozostałością basenu wapienia muszlowego. Po sedymentacji dolnej warstwy gipsowej doszło do intensywnego rozwoju sieci koryt rzecznych i delt piaskowca trzcinowego. Późniejsza zmiana klimatu na gorący i suchy spowodowała zmniejszenie sedymentacji. W serii gipsowej górnej dominowały osady równi zalewowych z rozwiniętym systemem niewielkich rzek i jezior okresowych. Najwyższy trias odznaczał się sedymentacją słodkowodną i brakiczną z nieznacznym wpływem środowisk morskich w klimacie wilgotnym. Fację kajpru dolnego w otworze Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989) charakteryzuje występowanie ciemnoszarych mułowców mikowych z detrytusem roślinnym i cienkimi wkładkami skał piaszczystych i węglanowych. Kajper dolny reprezentuje seria gipsowa dolna w obrębie której występują ciemnoszare i brunatno-szare iłowce i mułowce przewarstwione anhydrytami i gipsami. Powyżej serii gipsowej dolnej występuje, należąca do górnego kajpru, formacja piaskowca trzcinowego, drobnoziarnistego o zielonkawym zabarwieniu lub jego ilasty odpowied-

nik. Najwyższy górny kajper jest reprezentowany natomiast przez zielonkawe skały drobnoklastyczne (mułowce i iłowce) z wkładkami i gniazdami gipsu i anhydrytu, należące do górnej serii gipsowej. Najwyższy trias budują brunatnoczerwone iłowce i mułowce z drobnymi wkładkami piaskowców średnioziarnistych i zlepieńcowatych o spoiwie ilasto-wapnistym.

Potencjał naftowy

Największy potencjał pod względem występowania złóż węglowodorów w triasie na obszarze przetargowym Koło stanowią piaskowce kajpru górnego (piaskowiec trzcinowy), w których obserwowano objawy gazu ziemnego. Są to piaskowce o wysokiej zawartości kwarcu (arenity kwarcowe, sublityczne i subarkozowe), w których miejscami występują nagromadzenia ziaren litycznych, węglanowych (wapniste arenity lityczne) o spoiwie ilasto-wapnistym. Geneza piaskowca trzcinowego związana z rozwojem sieci piaszczystych koryt rzecznych i jeziorzysk nie pozwala jednoznacznie wyznaczyć obszarów, w których udział piaskowców będzie dominował nad skałami drobnoklastycznymi bez zastosowania zaawansowanych metod sejsmiki 3D. Utwory piaszczyste piaskowca trzcinowego na obszarze przetargowym Koło mogą osiągać miąższości przekraczające 100 m. Często wykazują one korzystne właściwości zbiornikowe wywołane głównie przez wtórne, diagenetyczne rozpuszczanie składników skały, głównie skaleni, ziaren litycznych, ale także kwarcu. Poza piaskowcem trzcinowym podwyższone porowatości mogą również występować sporadycznie w skałach piaszczystych pstrego piaskowca. Skały macierzyste dla triasowych złóż węglowodorów w Europie Zachodniej stanowią z reguły formacje podpermskie, których migracja była możliwa przez wyciskanie soli permskich lub poprzez strefy uskokowe. W strefach przywysadowych migracja mogła również następować od młodszych, jurajskich formacji macierzystych do wyniesionych piaskowców triasu. Przykładem takiej sytuacji jest złoże Thonse w Niemczech. Inne przykłady złóż w triasowych formacjach zachodniej Europy to np. złoże Caister w wielkiej Brytanii, De Wijk i F15-A w Holandii oraz Rehden w Niemczech (Doornenbal i Stevenson, 2010; Kilhams i in., 2018). Uszczelnienie dla potencjalnych złóż mogą stanowić występujące w obrębie formacji triasowych skały ilaste oraz ewaporaty. Obecność stref uskokowych i aktywna tektonika solna mogła również doprowadzić do powstania pułapek kombinowanych.

2.3.5. JURA

Rozprzestrzenienie i miąższość

Na obszarze przetargowym Koło utwory jury rozpoznano w 14 otworach wiertniczych:

- Banachów IG-1: 2492,0–3403,0 m,
- Długie K-68: 120,8–627,0 m,
- Izbica Kujawska K-67: 151,2–310,1 m,
- Kłodawa 66: 120,0–500,7 m,
- Kłodawa 71: 99,0–118,0 m,
- Kocewia-A: 128,0–542,7 m,
- Koło GT-1: 2935,0–3876,5 m,
- Koło IG-3: 2008,0–3156,2 m,
- Marcjanowo K-33: 292,0–334,7 m,
- Pagórki IG-1: 1295,0–1562,1 m,
- Podtymień K-69: 173,7–412,0 m,
- Ponętów 1: 2013,5–3007,0 m,
- Ponętów 2,
- Przybyłów 1: 1962,0–2766,5 m.

Obszar przetargowy Koło jest położony na pograniczu niecki łódzkiej i wału kujawskiego. Obszary te w jurze charakteryzowały się odmienną historią geologiczną. Obszar niecki łódzkiej leży w granicach wydzielanego w jurze dolnej tzw. garbu wielkopolskiego (Dadlez i Franczyk, 1976), który charakteryzuje się brakiem starszej jury dolnej (hetang, synemur) i silnie zredukowanym profilem młodszej jury dolnej (pliensbach, toark – miejscami brak) oraz brakiem najstarszej jury środkowej. Jedynie jura górna w tym rejonie wykazuje pełny profil stratygraficzny o znacznych miąższościach. Północno-wschodnia granica garbu wielkopolskiego przebiega na południowy za-

chód od otworów Koło IG-3, Ponętów 2 i Ponętów 1. W jego obrębie są zlokalizowane otwory Koło IG-4, Przybyłów 1 i Trześniew 1. Obszar wału kujawskiego natomiast podlegał w jurze dolnej i środkowej silnej subsydencji, co spowodowało, że ich profile są pełne a miąższości znaczne. Współczesne miąższości jury wykazują na obszarze przetargowym Koło silne zróżnicowanie. W bliskim sąsiedztwie wysadu Kłodawy osady jurajskie wyklinowują się (Izbica Kujawska K70, Izbica Kujawska K-37, Izbica 2, Augustynowo 1) lub występują jedynie ich niewielkie miąższości od 19 do 238,3 m (Podtymień K-69, Marcjanowo K-33, Kłodawa 71, Izbica Kujawska K-67). Redukcja miąższości w tym rejonie jest związana głównie z erozją utworów kredy i jury podczas ruchów wznoszących wału solnego Kłodawy w czasie inwersji bruzdy śródpolskiej. Na pozostałym obszarze największe miąższości jury (od 804,5 do 1280,0 m) zanotowano w otworach Koło IG-3 (>1145,2 m), Ponętów 1 (>993,5 m) i Przybyłów 1 (804,5 m), położonych na obszarze antykliny Ponętów-Wartkowice (Leszczyński, 2000) oraz Banachów IG-1 (>911,0 m) i Poddębice PIG 2 (1238,0 m), położonych w strefie synklinalnej pomiędzy wysadem kłodawskim a antykliną Ponętów-Wartkowice. W strefie tej zróżnicowanie miąższości jury dolnej i środkowej jest wynikiem aktywności uskoków synsedymentacyjnych oraz ruchów wznoszących soli w obrębie poduszek solnych (Feldman-Olszewska, 2012a, 2012b). Ponadto, znaczne miąższości jury występują na północny wschód od strefy wysadu Kłodawy i ulegają zwiększeniu w kierunku osiowej części wału kujawskiego, która pokrywa się z osiową częścią aktywnej w jurze bruzdy kujawskiej.

Litologia i stratygrafia

Jura dolna

Na większości obszaru nie jest możliwe określenie dokładnej miąższości jury dolnej ze względu na fakt, iż większość zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego sąsiedztwie otworów nie przewierciło tych utworów. Skały jurajskie rozpoznano wiertniczo w południowo-zachodniej części obszaru, gdzie ich miąższość jest wyraźnie zróżnicowana i może wynosić od kilkudziesięciu do nawet kilkuset metrów (Feldman-Olszewska, 2012a). Jura dolna w głównej mierze jest reprezentowana przez utwory pliensbachu, miejscami również toarku. Miąższość jury dolnej wynosi od kilkudziesięciu metrów na obszarze garbu wielkopolskiego (otwory Przybyłów 1, Koło IG-4) do 900 m po północno wschodniej stronie wysadu Kłodawy, z trendem wzrastającym w kierunku północno-wschodnim, w kierunku osi wału kujawskiego (Górecki i Hajto, 2006).

Według propozycji Pieńkowskiego (2004) jurę dolną na obszarze Polski centralnej rozdzielono na poszczególne formacje należące do grupy Kamiennej: zagajską, skłobską, ostrowiecką, gielniowską, drzewicką, ciechocińską oraz najmłodszą – borucicką. Całkowita miąższość grupy Kamiennej wynosi do 1400 m w centralnej części wału śródpolskiego (Feldman-Olszewska, 1998). Jej dolna granica jest wyznaczana przez powierzchnię erozyjną poprzedzającą depozycję skał jurajskich. Górna natomiast na obszarze wału kujawskiego stanowi płynne przejście do skał wieku środkowojurajskiego, a na obszarze garbu wielkopolskiego jest wyznaczona przez powierzchnię erozyjną.

Hetang i synemur

Formację zagajską rozpoznano w trzech otworach znajdujących się po północno-wschodniej stronie wysadu Kłodawy. Według podziału litostratygraficznego Różyckiego i Mioduszewskiej (1958) w analizowanym rejonie formacja zagajska odpowiada serii kłodawskiej górnej (Pieńkowski, 2004). Charakteryzuje się występowaniem skał genezy fluwialnej. W tym piaskowców o znakomitych właściwościach zbiornikowych i mułowców z wkładkami węgla facji pozakorytowych oraz jeziornych. Miąższość formacji zagajskiej w analizowanych otworach na północny wschód od obszaru przetargowego Koło wynosi kilkadziesiąt, a miejscami nawet przekracza 100 m.

W środkowym i górnym hetangu skały genezy fluwialnej formcji zagajskiej są zastępowane przez transgresywne osady **formacji skłobskiej**, w której dominują dobrze wysortowane piaskowce o składzie arenitów kwarcowych z powszechnie występującymi warstwowaniami horyzontalnymi i przekątnymi

w tym również typu jodełkowego (ang. *hummocky cross-stratification*). Poza piaskowcami w profilu formacji skłobskiej występują również heterolity z licznymi skamieniałościami śladowymi. Genetycznie klasyfikowane są one jako osady przybrzeżnomorskie, deltowe i/lub lagunowe. Jej dolną granicę wyznacza więc powierzchnia transgresywna, natomiast górna jest wymyta przez osady genezy fluwialnej. W synemurze formacja skłobska jest zastępowana przez skały **formacji ostrowieckiej** składającej się z piaskowców szarych i jasnoszarych typu arenitów kwarcowych, często porowatych o spoiwie ilastym z licznymi przewarstwieniami mułowców i iłowców ciemnoszarych z fragmentami flory. Charakterystyczne dla formacji ostrowieckiej jest występowanie licznych warstwowań przekątnych oraz skamieniałości śladowych typowych dla przybrzeżnomorskiego środowiska depozycji. W obrębie formacji możliwe jest zaobserwowanie trzech pakietów osadów o genezie deltowej lub fluwialnej (Pieńkowski, 2004; Feldman-Olszewska, 2008a).

Pliensbach

Dolny pliensbach na niżu polskim jest wykształcony przez zazębiające się wzajemnie formacje gielniowską i łobeską. **Formacja gielniowska** charakteryzuje się występowaniem heterolitów, mułowców, oraz warstwowanych piaskowców z sieczką roślinną. Często spotykane są różnorodne skamieniałości śladowe oraz skorupki małży. Za środowisko powstawania skał formacji gielniowskiej uważa się obszary płytkomorskie oraz deltowe. Formacja gielniowska na obszarze zachodniej Polski zazębia się z drobnoklastyczną **formacją łobeską**, reprezentowaną przez ciemnoszare mułowce z rozproszonym pirytem oraz heterolity o dużym udziale frakcji mułowcowej. Ponadto, w obrębie formacji występują liczne skamieniałości śladowe oraz fauna morska w tym amonity (Pieńkowski, 2004).

Górny pliensbach jest reprezentowany przez **formację drzewicką** zarówno w otworach na obszarze przetargowym Koło jak i w jego sąsiedztwie. Jej miąższość wynosi od 33,0 m w otworze Banachów IG-1 do nawet 189,5 m w otworze Brześć Kujawski IG-2, znajdującym się na północny wschód od granicy obszaru. Miąższość formacji drzewickiej wyraźnie rośnie na wschód od wysadu solnego Kłodawy. Dominującymi typami litologicznymi są piaskowce z warstwowaniami przekątnymi, przewarstwione heterolitami i mułowcami. Występują w ich obrębie liczne skamieniałości śladowe oraz fragmenty i korzenie roślin (Pieńkowski, 2004, Feldman-Olszewska, 2008a).

Toark

Skały datowane na wczesny i środkowy toark na obszarze przetargowym Koło reprezentuje formacja ciechocińska, natomiast środkowy i późny – formacja borucicka. **Formacja ciechocińska** charakteryzuje się dominacją szarozielonych heterolitów, mułowców i iłowców z podrzędnymi przewarstwieniami piaskowców drobnoziarnistych i pyłowców. Za charakterystyczną, zieloną barwę odpowiada wysoka zawartość chlorytu w składzie mineralnym skał (Pieńkowski, 2004). W obrębie formacji spotkać można skamieniałości śladowe oraz uwęglone szczątki roślin. Są to utwory osadzone w płytkiej zatoce brakicznej. **Formacja borucicka** natomiast charakteryzuje się występowaniem piaskowców średnio- i gruboziarnistych z powszechnie występującymi szczątkami uwęglonych roślin i struktur korzeniowych. Genetycznie piaskowce klasyfikowane są jako skały pochodzenia rzecznego (meandrujące i/lub roztokowe) lub deltowego.

Jura środkowa

Jurę środkową przewiercono w 6 otworach wiertniczych na obszarze przetargowym Koło oraz 6 otworach w bezpośrednim jego sąsiedztwie. W otworach usytuowanych na obszarze przetargowym jej miąższość wynosi od 105,0 m do 311,0 m w południowo-zachodniej części obszaru. W strefie garbu wielkopolskiego oraz w strefie synklinalnej pomiędzy wysadem kłodawskim a antykliną Ponętów-Wartkowice są to profile niepełne, obejmujące bajos górny – kelowej (Feldman-Olszewska, 2012b). Na obszarze antykliny Ponętów-Wartkowice jura środkowa ma pełny profil, stwierdzono tu występowanie utworów wieku od aalenu po kelowej. Zróżnico-

wanie miąższości jest podobnie jak w przypadku starszych skał spowodowane silną na tym obszarze tektoniką synsedymentacyjną, na którą nałożyła się tektonika solna (Dadlez i Franczyk, 1976; Dadlez, 1997; Marek, 1997). Na północny-wschód od wysadu Kłodawy profil jury środkowej jest pełny a jej miąższości rosną w kierunku depresji Kutna, gdzie przekraczają nawet 1000 m (Feldman-Olszewska, 1997a, 1997b).

Sedymentacja jury środkowej zachodziła w basenie epikontynentalnym, w którym zaobserwowano kilka cykli transgresywno-tregresywnych (Feldman-Olszewska, 1997a, 1997b). W trakcie okresowych transgresji dochodziło do sedymentacji facji mułowcowych głębokiego szelfu. Wypłycanie się zbiornika natomiast zaznaczało się depozycją skał piaszczystych i heterolitów płytszych części zbiornika. Ich wiek wyznaczany jest szczegółowo na podstawie biostratygrafii amonitów oraz otwornic. Dla jury środkowej w centralnej Polsce brak jest wydzieleń litostratygraficznych.

Aalen i bajos

Depozycja jury środkowej w centralnej części Polski zachodziła na obszarze rozległego morza epikontynentalnego (Dayczak-Calikowska i Moryc, 1988; Feldman-Olszewska, 1997a, 1997b). W aalenie dolnym dominują piaskowce drobnoziarniste z przerostami substancji węglistej powstałe w płytkiej strefie szelfu silikoklastycznego lub w obrębie estuarium (Feldman-Olszewska, 1997a, 1997b, 2008b, 2012b). Są to przeważnie arenity kwarcowe o niskiej dojrzałości teksturalnej (Maliszewska, 1999). Charakteryzują się słabym wysortowaniem i obtoczeniem. Wśród procesów diagenetycznych widoczne są efekty nieznacznej cementacji kwarcowej oraz diagenetyczny, robakowaty kaolinit. Wśród minerałów węglanowych dominuje ankeryt.

Aalen górny jest wykształcony w postaci ciemnych skał ilasto-mułowcowych i heterolitów, powstałych w płytkim, nieprzewietrzanym zbiorniku morskim (Dayczak-Calikowska, 1990), będącym głębszą, anoksyczną strefą szelfu silikoklastycznego (Feldman-Olszewska, 1997a, 1997b). Świadczą o tym liczne wtrącenia pirytu, szczątków fauny oraz bioturbacji (Feldman-Olszewska, 2008b). Skały tego wieku są generalnie ubogie w węglany.

W centralnej strefie wału kujawskiego bajos dolny jest reprezentowany przez heterolity oraz piaskowce głównie drobnoziarniste, osadzone w strefie przybrzeża płytkiego zbiornika epikontynentalnego (Dayczak-Calikowska, 1990, Feldman-Olszewska, 2012b). Bajos górny tworzy gruby kompleks zbudowany z iłowców, łupków mułowców oraz heterolitów iłowcowo-piaskowcowych, z konkrecjami syderytowymi oraz liczną fauną małży i amonitów. Utwory te były deponowane w strefie anoksycznego szelfu. Miejscami notowane są również mułowce syderytowe i syderyty ilaste z fauną (Maliszewska, 1999). W najwyższym odcinku bajosu górnego występują utwory mułowcowo-piaskowcowe osadzone w środowisku przybrzeża morskiego basenu epikontynentalnego.

Baton i kelowej

Baton dolny jest reprezentowany przez łupki, iłowce i mułowce, z konkrecjami i poziomami syderytowymi, podobnie jak w górnym bajosie osadzone w głębszej strefie basenu morskiego (*offshore*). W batonie środkowym i górnym zaczynają dominować skały bardziej piaszczyste w porównaniu do starszych osadów jury środkowej. Miejscami pojawiają się wkładki zlepieńców śródformacyjnych.

W keloweju dolnym natomiast były deponowane piaskowce i piaskowce wapniste z fauną małży i belemnitów. Kelowej środkowy i górny jest wykształcony w postaci tzw. warstwy bulastej, która stanowi poziom kondensacji stratygraficznej kilkudziesięciocentymetrowej miąższości (Dayczak-Calikowska i Moryc, 1988).

Jura górna

Na obszarze przetargowym Koło jura górna została rozpoznana w 7 otworach wiertniczych. Jej miąższość wynosi kilkaset metrów. Profil jury górnej jest często w pełni wykształcony. Jedynie w obszarach przywysadowych Kłodawy jest ona nawet całkowicie zredukowana lub nie została jednoznacznie wydzielona. Profil jury górnej rozpoczynają utwory oksfordu. Są to skały węglanowe, które powstały w płytkim basenie epikontynen-

talnym o zróżnicowanej subsydencji. Na obszarze Kujaw Dembowska (1979) i Niemczycka (1997) wyróżniły formacje charakterystyczne dla tego regionu. Należą do nich: formacje: wapienno-gąbkowa, wapienno-marglista, koralowcowa, oolitowa, wapienno-marglisto-muszlowcowa, oraz formacje pałucka i kcyńska z występującymi w ich obrębie ogniwami: skotnickim, wapieni korbulowych oraz ogniwem z Wieńca.

Oksford

Najniższy oksford na obszarze przetargowym jest reprezentowany przez skały margliste i wapienno-margliste z wkładkami osadów ilasto piaszczystych formacji gąbkowej/gąbkowo-wapiennej oraz wapienno-marglistej (Dembowska, 1990; Gaździcka, 2012). Seria gąbkowo-wapienna jest reprezentowana przez skały typu bandstonów gąbkowych i gąbkowo-mszywiołowych, rudstonów i flotstonów z mumiami gąbkowymi oraz pakstonów gąbkowych i madstonów (Maliszewska, 1999). W dolnych częściach profilu występują warstwy zdolomityzowane, których miąższość waha się od 5 do 100 m. Miejscami w obrębie serii występują czerty i krzemienie będące wynikiem sylifikacji osadu węglanowego. Źródłem krzemionki były najprawdopodobniej rozpuszczane wtórnie, krzemionkowe igły gąbek. Zróżnicowanie procesów diagenetycznych wskazuje na wieloetapowość, które Radlicz (1972) określił jako dolomityzację przerywaną sylifikacją. Lokalnie stwierdzono obecność skupień anhydrytu, fluorytu, halitu oraz siarczków (Maliszewska, 1999). Facja ta przechodzi stopniowo w formację wapienno-marglistą oksfordu środkowego. Składa się głównie z flotstonów i rudstonów gruzłowych i onkoidowych w masie marglistej oraz łupków marglistych (madstony, pakstony i wakstony; Radlicz, 1997, 2008). Oksford górny natomiast jest wykształcony głównie jako skały formacji oolitowej. Formacja ta według Niemczyckiej (1997) zazębia się na obszarze Kujaw z formacją koralowcową. Obydwa wydzielenia charakteryzują się wysoką zawartością węglanu wapnia oraz dużym zróżnicowaniem litofacji. Występują wśród nich rudstony i flotstony koralowcowo-gąbkowe, onkoidowe, muszlowcowe, intraklastyczne i gruzłowe. Miejscami spotykane są również greinstony i pakstony bioklastyczne z matami glonowymi oraz bandstony koralowcowo-gąbkowe. W obrębie serii występuje też kilka poziomów onkoidowo-bioklastycznych. Szczególnie interesujące z punktu widzenia potencjału zbiornikowego są mikrofacje greinstonów i pakstonów ooidowych i peloidowych, które wykazują porowatość 10–20%, wynikającą z rozpuszczania składników ziarnistych i/lub szczelinowatości (Maliszewska, 1999).

Kimeryd i tyton

Kimeryd i tyton obszaru przetargowego Koło to skały formacji wapienno-marglisto-muszlowcowej oraz formacji pałuckiej i kcyńskiej, w obrębie której przebiega granica pomiędzy tytonem i beriasem dolnym. Formacja wapienno-marglisto-muszlowcowa w rejonie Kujaw jest reprezentowana przez madstony i wakstony z wkładkami flotstonów i rudstonów muszlowcowych oraz intraklastycznych, których powstawanie jest korelowane z impulsami halotektonicznymi występującymi w obrębi obszaru (Dravis i Yurewicz, 1985; Pierson, 1981). Drobnoklastyczne wkładki to przede wszystkim pakstony bioklastyczno-pylaste z glaukonitem. Porowatość w obrębie osadów wynosi od 1 do 4%. Ku stropowi seria ta przechodzi w skały formacji pałuckiej, wykształconej w postaci mułowców, mułowców marglistych i margli (Dembowska, 1979), które miejscami wykazują podwyższone zawartości materii organicznej (do 9,2 % TOC; Wierzbowski i Wierzbowski, 2019). Najmłodsza formacja kcyńska została rozdzielona na 3 ogniwa. Ogniwo najstarsze – wapieni korbulowych budują skały węglanowe zbudowane z madstonów, wakstonów, pakstonów peloidowych i bioklastycznych. Ogniwo z Wieńca stanowi seria dolomityczno-anhydrytowa z przewarstwieniami madstonów, wakstonów i pakstonów z ramienicami i małżoraczkami. Ogniwo skotnickie natomiast reprezentują skały ilasto-margliste złożone z madstonów i wakstonów z przeławiceniami pakstonów, flotstonów i rudstonów małżoraczkowych i małżowych (Maliszewska, 1999).

Potencjał naftowy

Największy potencjał zbiornikowy na obszarze przetargowym Koło mają piaskowce jury dolnej (formacje zagajska, skłobska, ostrowiecka, drzewicka i borucicka) oraz dolnej części jury środkowej (aalen dolny, bajos dolny). Ich dojrzałość teksturalna maleje w górę profilu (Krystkiewicz, 1996). Jura dolna i środkowa, pomimo często głębokiego pogrzebania, charakteryzuje się dużą porowatością i przepuszczalnością, która zachowała się dzięki autigenicznej mineralizacji kwarcowej, powstałej w trakcie eodiagenezy (Maliszewska, 1999). Obwódki syntaksjalne usztywniły szkielet ziarnowy skały i zapobiegły intensywniejszej kompakcji w trakcie późniejszej mezodiagenezy. Jedynie piaskowce drobnoziarniste mogły zostać w pełni scementowane, co mogło spowodować znaczną lub całkowitą redukcję porowatości. Na pogorszenie właściwości zbiornikowych piaskowców jurajskich mógł mieć wpływ włóknisty illit powstający w mezo- i telodiagenezie w trakcie ingerencji wód meteorycznych w głąb górotworu. Kaolinit natomiast powstający z rozpuszczania skaleni mógł powodować powstanie wtórnej mikroporowatości. Ponadto, korzystne właściwości zbiornikowe wykazują również wapienie jury górnej, w których procesy takie jak cementacja druzowa, korozja, rozpuszczanie, dolomityzacja, dedolomityzacja, stylolityzacja oraz szczelinowanie mogły doprowadzić do powstania porowatości wtórnej w obrębie skał węglanowych. Miąższości skał zbiornikowych jury górnej na obszarze przetargowym Koło wynoszą od 300 m w północnej i południowo-wschodniej części obszaru do 900 m w części centralnej, przy jego wschodniej granicy.

Jurajskie skały drobnoziarniste i węglanowe jury środkowej i górnej wykazują również potencjał generacyjny węglowodorów. Wyniki analiz dojrzałości termicznej Ro (refleksyjności witrynitu) wskazują, że utwory środkowej i górnej jury charakteryzują się wartościami parametru odpowiadającymi występowaniu okna ropnego. Natomiast najnowsze wyniki analiz TOC (Wierzbowski i Wierzbowski, 2019) wskazują jako perspektywiczne skały formacji pałuckiej, w której parametr osiąga średnio 2,5% dla dolnej i środkowej części formacji, przekraczając miejscami 6%, a nawet 9%. Wartości TOC stopniowo maleją do 1% w górnej części formacji pałuckiej. Skały jurajskie wykazują zróżnicowany stopień termicznego przekształcenia materii organicznej od niskiego dla jury górnej (Kosakowski i in., 2015; Wierzbowski i Wierzbowski, 2019) do średniego dla skał ilastych jury środkowej (Kosakowski i in., 2015), co oznacza, że mogły one być źródłem węglowodorów, szczególnie w najbardziej pogrzebanych częściach basenu.

2.3.6. KREDA

Rozprzestrzenienie i miąższość

Utwory kredy na obszarze przetargowym rozpoznano w 12 otworach wiertniczych:

- Augustynowo 1: 123,0–203,0 m,
- Banachów IG-1: 22,0–2492,0 m,
- Bolesław-1: 82,0–1550,0 m,
- Gopło GEO9: 85,0–751,5 m,
- Gopło GEO10: 78,0–507,1 m,
- Koło GT-1: 30,0–2935,0 m,
- Koło IG-3: 45,0–2085,0 m,
- Pagórki IG-1: 86,4–1295,0 m,
- Ponętów-1: 47,0–2013,5 m,
- Ponętów-2,
- Przybyłów-1: 33,5–1887,0 m (bez beriasu dolnego),
- Wrząca IGH-1: 65,0–2934,8 m.

Miąższość utworów kredy w otworach wiertniczych na obszarze przetargowym jest zmienna, większa w strefach synklinalnych, i wynosi od 1208,6 m w otworze Pagórki IG-1 do 2905,0 m w otworze Koło GT-1. W części wschodniej, w kierunku wału śródpolskiego, utwory kredy wyklinowują się, gwałtownie zmniejszając swoją miąższość. W strefie wysadowej Kłodawy i na wschód od niej, na obszarze wału śródpolskiego, utwory kredy nie występują. Należy podkreślić, że na omawianym obszarze miąższości kredy są jednymi z największych na Niżu Polskim (Jaskowiak-Schoeneichowa, 1977; Leszczyński, 2002, 2012) i nie wykluczone, że w osiach synklin przekraczają 3000 m. Większość profilu kredowego przypada na kredę górną, której strop występuje najgłębiej w otworze Pagórki IG-1 (86,4 m.p.p.t), a jej miąższości wynoszą od 826,6 m do 2503,0 m w otworze Koło GT-1. Kredę dolną natomiast rozpoznano najgłębiej w otworze Wrząca IGH-1, a jej miąższości wynoszą od 187,0 m w otworze Przybyłów-1 do 402,0 m w otworze Koło GT-1.

Litologia i stratygrafia

Kreda dolna

Na obszarze przetargowym Koło wyróżniono wszystkie piętra kredy dolnej od beriasu po alb. **Berias dolny** jest reprezentowany przez formację kcyńską. Są to utwory facji purbeckiej podzielone na ogniwo z Wieńca, zbudowane z wapieni organodetrytycznych z wkładkami gipsów i anhydrytów, oraz wyżej występujące ogniwo skotnickie zaliczane do beriasu dolnego i środkowego, wykształcone w postaci iłowców marglistych z wkładkami muszlowców cyrenowych (Dembowska, 1979; Marek i Raczyńska, 1979). **Berias górny** to ogniwo kajetanowskie, włączone do formacji kcyńskiej, oraz dolna część formacji rogoźniańskiej: ogniwo zakrzewskie i niższa część ogniwa z Opoczek. Osady ogniwa kajetanowskiego budują ciemnoszare laminowane mułowce i iłowce margliste z wkładkami muszlowców cyrenowych, przechodzące w piaskowce z wkładkami mułowców, niekiedy wapieni organodetrytycznych piaszczystych i dolomitycznych, a wyżej mułowców. Ponad mułowcami występuje seria mułowcowo-piaszczysta, wyróżniona jako ogniwo zakrzewskie. W rejonie Gopła (północna część obszaru przetargowego) występują w nim laminowane piaskowce i mułowce wapnisto-dolomityczne, często z bioturbacją i ooidami szamozytowo-syderytowymi i mikrosparytowymi. Wyżej pojawia się kompleks ciemnych, prawie czarnych iłowców i mułowców (ogniwo z Opoczek). Charakterystyczną cechą tego ogniwa jest występowanie w łupkach ilastych konkrecji i przerostów syderytowych.

W obrębie **walanżynu dolnego** wydziela się dwie wyraźne serie litofacjalne: dolną – ciemnoszarych i czarnych iłowców i mułowców ogniwa z Opoczek w obrębie formacji rogoźniańskiej, i górną – piaszczystą – formacji bodzanowskiej. **Walanżyn górny** (formacja włocławska, ogniwo wierzchosławickie) jest wykształcony w postaci iłowców i mułowców, często piaszczystych, o barwach ciemnoszarych.

Hoteryw dolny (formacja włocławska, ogniwo gniewkowskie) tworzy seria iłowcowo-mułowcowa ze skupieniami ooidów żelazistych i z wkładkami piaskowców bardzo drobnoziarnistych. **Hoteryw górny** (formacja włocławska, ogniwo żychlińskie) jest reprezentowany przez dwa kompleksy litologiczne: dolny – piaszczysty i górny – ilastomułowcowy. Kompleks dolny jest zbudowany z szarych piaskowców kwarcowych od drob-

no- do gruboziarnistych. Często występuje impregnacja wodorotlenkami żelaza. W otworach Banachów IG-1 i Koło IG-3 stwierdzono występowanie szarozielonych piaskowców glaukonitowo-szamozytowych. W górnym kompleksie przeważają osady ilasto-mułowcowe, niekiedy z łupkami ilastymi i sferosyderytami, o barwach od szarych aż po czarne. W otworze Pagórki IG-1 występują nawet poziomy piaszczysto-żwirowych rud oolitowych (Osika, 1959; Raczyńska, 1961). Charakterystyczną cechą jest często występująca impregnacja wodorotlenkami żelaza, dająca zabarwienie rdzawe i zielonkawe, a w wyższym kompleksie poziomy oolitowe niekiedy w postaci rud.

Ponad ilasto-mułowcowymi osadami zaliczonymi do górnego hoterywu leży kompleks utworów przeważnie piaszczystych, zaliczony do **barremu – albu środkowego**. Jest to formacja mogileńska, dzieląca się na 3 ogniwa: pagórczańskie – o przypuszczalnym wieku barremskim, goplańskie – być może odpowiadające aptowi, i kruszwickie – odpowiadające dolnemu i środkowemu albowi. Ogniwo pagórczańskie jest reprezentowane przez białawe i szare piaskowce bardzo drobnoziarniste do różnoziarnistych, z wkładkami heterolitów piaszczysto-ilastych i z licznymi fragmentami uwęglonej, a czasem też spirytyzowanej flory oraz kawałkami drewna. Ogniwo goplańskie budują osady iłowcowo-mułowcowo-piaszczyste. Iłowce są ciemnoszare do czarnych. Ogniwo kruszwickie jest to dość monotonna seria jasnoszarych i szarozielonkawych bezwapnistych piaskowców różnoziarnistych z poziomami żwirów, niekiedy żwirowców. Znaczny udział utworów gruboklastycznych jest charakterystyczną cechą tego ogniwa. Na ogół licznie występuje glaukonit oraz detrytus zwęglonej flory. Miąższości ogniwa kruszwickiego są znaczne i na ogół przekraczają 100 m. Alb górny jest reprezentowany w dolnej części przez niewielkiej miąższości (do 1 m) warstwę szarozielonego piaskowca kwarcowo-glaukonitowego, różnoziarnistego ze żwirem, o spoiwie ilastym lub marglistym, fosforanowym oraz konkrecjami fosforytowymi. Powyżej zalega seria marglisto-ilasta, a następnie seria marglista z wkładkami wapieni marglistych. Granica alb górny/cenoman pokrywa się z ostrą granicą litologiczną margiel/wapień.

Stratygrafię kredy dolnej w centralnej Polsce przedstawia poniższa tabela (Tab. 2.2).

<table>
<tr><th colspan="2">Chronostratygrafia</th><th colspan="2">Litostratygrafia
(Marek i Raczyńska, 1979;
Wagner i in., 2008)</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Alb</td><td>górny</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>dolny-środkowy</td><td rowspan="3">Formacja mogileńska</td><td>Ogniwo kruszwickie</td></tr>
<tr><td>Apt</td><td></td><td>Ogniwo goplańskie</td></tr>
<tr><td>Barrem</td><td></td><td>Ogniwo pagórczańskie</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Hoteryw</td><td>górny</td><td rowspan="3">Formacja włocławska</td><td>Ogniwo żychlińskie</td></tr>
<tr><td>dolny</td><td>Ogniwo gniewkowskie</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Walanżyn</td><td>górny</td><td>Ogniwo wierzchosławickie</td></tr>
<tr><td rowspan="2">dolny</td><td>Formacja bodzanowska</td><td></td></tr>
<tr><td>Formacja rogoźniańska</td><td>Ogniwo z Opoczek</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Berias</td><td rowspan="2">górny</td><td rowspan="2">Ogniwo zakrzewskie</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Formacja kcyńska</td><td>Ogniwo kajetanowskie</td></tr>
<tr><td>środkowy</td><td rowspan="2">Ogniwo skotnickie</td></tr>
<tr><td>dolny</td><td>Ogniwo z Wieńca</td></tr>
</table>

Tab. 2.2. Stratygrafia kredy dolnej w centralnej Polsce.

Kreda górna

W kredzie górnej nie wydzielono jednostek litostratygraficznych. Zgodnie z podziałem chronostratygraficznym (Jaskowiak-Schoeneichowa, 1977), na tym obszarze występuje kreda górna reprezentowana przez wszystkie piętra od cenomanu po mastrycht. W **cenomanie** podstawową litologią są wapienie i wapienie margliste. **Turon i niższy koniak** jest interwałem o dużym zróżnicowaniu litologicznym i znacznych miąższościach. Dają się tu wyróżnić dwa zasadnicze kompleksy litologiczne:

- kompleks dolny – marglisto-wapienny, w spągu z bardzo charakterystyczną warstwą prawie czarnych iłowców marglistych,
- kompleks górny – marglisto-opokowy.

Utwory **wyższego koniaku** stanowią jednorodny, mało zróżnicowany kompleks opok. W **santonie** również dominują facje opokowe

z wkładkami margli i wapieni marglistych. We wschodniej części, w pobliżu kłodawskiego wysadu solnego, w późnym santonie znaczny udział mają piaskowce (Leszczyński, 1990, 1997, 2000) stwierdzone otworem Koło IG-3. Piaskowce są reprezentowane przez waki kwarcowe od bardzo drobnoziarnistych do gruboziarnistych, na ogół z przewagą frakcji drobnych. Często występuje uziarnienie frakcjonalne osadu. Czasem obserwuje się bimodalny rozkład wielkości ziarna, zwłaszcza w piaskowcach gruboziarnistych. Piaskowce przewarstwiane są opokami, opokami piaszczystymi, czasem także mułowcami lub iłowcami marglistymi i marglami

W **kampanie i mastrychcie** dominują opoki. W kampanie przechodzą one w margle i wapienie margliste. Lokalnie pojawiają się wkładki porowatych gez wapnistych. Utwory kampanu wykazują największą miąższość spośród wszystkich pięter kredy górnej. Opoki mastrychtu są podobne do kampańskich. Lokalnie są one przewarstwione porowatymi gezami i gezami piaszczystymi (np. otwór Koło IG-3). Gezy te występują w dolnej i wyższej części profilu mastrychtu. W środkowej części profilu przeważają opoki. Rozprzestrzenienie utworów mastrychtu z powodu erozji pokredowej jest mniejsze niż starszych pięter górnej kredy. Górne partie osadów mastrychtu w różnym stopniu uległy zdarciu. Stropowa powierzchnia kredy jest na całym obszarze erozyjna.

Systemy depozycyjne i środowiska sedymentacji

W kredzie na obszarze przetargowym zostały wyróżnione następujące systemy depozycyjne i środowiska sedymentacji (Leszczyński, 2002):

- środowisko morskie: system szelfu silikoklastycznego (dominujący w dolnej kredzie) z dwoma podsystemami szelfu silikoklastycznego płytszego i szelfu silikoklastycznego głębszego, system szelfu węglanowo-klastycznego (głębsza część szelfu, niższy alb górny), system węglanów basenu otwartego (głębszy szelf węglanowy, głównie w cenomanie i turonie), system węglanowo-krzemionkowy basenu otwartego (litofacje opok i gez), system osadów silikoklastycznych basenu otwartego (ciemne iłowce w spągu turonu), system podmorskich stożków piaszczystych typu spływów grawitacyjnych (w santonie);
- środowisko przejściowe: system deltowy (formacja bodzanowska, część utworów ogniwa żychlińskiego i gniewkowskiego, być może część utworów ogniwa pagórczańskiego);
- środowisko lądowe: system równi aluwialnej (część utworów ogniwa pagórczańskiego).

Potencjał naftowy

Największy potencjał naftowy w obrębie formacji kredowych na obszarze przetargowym Koło stanowią skały klastyczne dolnej kredy. Są one reprezentowane w głównej mierze przez piaskowce o wysokiej zawartości kwarcu (arenity i waki kwarcowe), o ziarnie przeważnie drobnym, z trendem rosnącym w górę profilu. Generalnie skały klastyczne kredy wykazują korzystne właściwości petrofizyczne. Są one związane zarówno z procesem kaolinityzacji, jak i rozpuszczaniem niestabilnych składników szkieletu ziarnowego, prowadzącym do powstania porowatości wtórnej oraz mikroporowatości w obrębie ziaren mineralnych. Wtórna cementacja kwarcowa i węglanowa nieznacznie wpłynęła na pogorszenie właściwości zbiornikowych skał piaszczystych, a ponadto zminimalizowała znaczący wpływ kompakcji mechanicznej poprzez usztywnienie szkieletu ziarnowego (Połońska, 1999, w: Maliszewska, 1999). Potencjał zbiornikowy formacji kredy dolnej na obszarze przetargowym potwierdzają objawy gazu zarejestrowane w otworach wiertniczych. Uszczelnienie w obrębie kredy dolnej mogą stanowić horyzonty skał ilastych i mułowcowo-ewaporatowych. Rolę potencjalnego uszczelnienia mogą pełnić również skały węglanowo-krzemionkowe (w tym opoki zwięzłe, margliste i ilaste), margliste i węglanowo-margliste kredy górnej (Wójcicki i in., 2013).

2.3.7. KENOZOIK

Rozprzestrzenienie i miąższość

Na obszarze przetargowym Koło występują osady paleogenu (paleocen, eocen, oligocen) oraz osady neogenu (miocen). Osady paleogenu są reprezentowane przez pokrywę zwietrzelinową utworów mezozoicznych, która utworzyła się zapewne w paleocenie. Na omawianym obszarze powszechnie występują utwory neogenu, które stanowią główny kompleks węglonośny. Należą do nich utwory miocenu i (być może) najniższego pliocenu. Utwory neogenu wypełniają głównie paleogeńskie i neogeńskie doliny kopalne, przeważnie o założeniach tektonicznych, wycięte w utworach kredowych. Profil osadów paleogenu i neogenu jest wykształcony w sposób najpełniejszy w obniżeniach przywysadowych wysadu Izbica Kujawska, tam też wykształciły się istotne nagromadzenia węgla brunatnego. W rejonie obszaru przetargowego jest eksploatowane złoże węgla brunatnego Tomisławice, zlokalizowane na północno-wschodnim skłonie tzw. struktury solnej Gopła.

Litologia i stratygrafia

Paleocen

W rejonie Przedecza i Kłodawy oraz Dębów Szlacheckich i Izbicy Kujawskiej występują utwory zwietrzelinowe skał podłoża podkenozoicznego o miąższości do kilku metrów, reprezentowane przez odwapnione margle i opoki, rumosze zwietrzelinowe z krzemieniami oraz iły rezydualne. Wiek tych utworów nie jest dokładnie sprecyzowany, choć najczęściej jest określany jako paleocen.

Eocen

Najstarszymi datowanymi paleontologicznie osadami paleogenu na omawianym obszarze są utwory eocenu górnego, zaliczane do formacji jerzmanowickiej. Utwory te, znane z okolic Sompolna i Izbicy Kujawskiej, są reprezentowane przez mułowce piaszczyste i ilaste z przewarstwieniami piasków. Miąższość formacji jerzmanowickiej nie przekracza kilku metrów.

Oligocen

Osady oligocenu dolnego są wykształcone w postaci zielonych piasków glaukonitowych i mułków piaszczystych z glaukonitem (formacja mosińska dolna), występują w rejonie Izbicy Kujawskiej. Ponad osadami formacji mosińskiej dolnej występują utwory formacji czempińskiej oligocenu dolnego, w spągu zawierające pokład węgla brunatnego o miąższości od 0,2 m na północy do 7 m w okolicach Kłodawy, który odpowiada V pokładowi czempińskiemu. Powyżej występuje cienki kompleks szarych drobnoziarnistych piasków kwarcowo-muskowitowych z przewarstwieniami mułowców i nielicznymi okruchami ksylitów. Kompleks ten, osiągający grubość 0,5–3,1 m, występuje tylko w północnej części rejonu. Wyżej występuje zwarta seria szarobrunatnych iłów mułkowatych, laminowanych horyzontalnie jasnym murkiem, często piaszczystym, ze znaczną domieszką muskowitu. Grubość tej serii waha się w granicach 0,6–7,0 m. Seria ta kończy profil formacji czempińskiej. Powyżej występuje kompleks bardzo drobno- i drobnoziarnistych piasków kwarcowych, mułkowatych, barwy szarozielonej, z domieszką glaukonitu i muskowitu o miąższości do 40,0 m w północnej części obszaru; utwory te należą do formacji mosińskiej górnej oligocenu górnego. Sumaryczna miąższość paleogenu waha się w granicach 6,0–43,4 m i wynosi średnio 20 m.

Miocen

Utwory miocenu dolnego występują na omawianym obszarze w nadkładzie wysadów solnych w rejonie Dęby Szlacheckie – Izbica Kujawska. Utwory te, zaliczane do formacji ścinawskiej, są wykształcone w postaci drobnoziarnistych i mułkowatych piasków kwarcowo-muskowitowych barwy brunatnej. W części stropowej profilu formacji ścinawskiej występują sporadycznie cienkie soczewki węgla brunatnego, będące ekwiwalentem sedymentacyjnym II pokładu łużyckiego. Utwory miocenu środkowego występują na całym omawianym obszarze poza wąską strefą rozmyć erozyjnych, osiągając średnią miąższość 30–50 m. Profil dolnej części mio-

cenu środkowego budują utwory formacji adamowskiej, wykształcone w postaci szarych i brunatnych piasków drobnoziarnistych, często z domieszką pyłu węglowego, z cienkimi przewarstwieniami piasków gruboziarnistych, mułków i węgli brunatnych stanowiące ekwiwalent sedymentacyjny IIA pokładu lubińskiego. Miąższość tej serii sięga 39,0 m w okolicach Piotrkowa Kujawskiego. Wyższą część miocenu środkowego miocen górny, a być może także najniższą część pliocenu reprezentują utwory formacji poznańskiej, które mają charakter dwudzielny: w spągu występuje tu pokład węgla brunatnego o miąższości 8–12 m (I pokład środkowopolski), który na omawianym obszarze ma znaczenie złożowe. Pokład ten lokalnie występuje w formie dwóch ław oddzielonych przerostem piaszczystym, lokalnie występują tu wkładki drobnoziarnistych piasków kwarcowych i iłów (rzadziej mułków) barwy ciemnobrunatnej. Ponad pokładem węgla zalega seria ilasto-mułkowa, (iły poznańskie) zbudowana z szarych zielonych i pstrych iłów i mułków z przewarstwieniami bardzo drobnoziarnistych piasków kwarcowych. Grubość serii iłów poznańskich waha się w granicach 1,5 m w rejonach Sompolna do 16 m w rejonie Piotrkowa Kujawskiego.

2.4. HYDROGEOLOGIA

Obszar przetargowy Koło jest położony na pograniczu dwóch dużych jednostek hydrogeologicznych – regionu kutnowskiego oraz mogileńsko-łódzko-miechowskiego (Paczyński i Sadurski, 2007). Przez obszar przebiega również dział wód powierzchniowych I-rzędu pomiędzy zlewniami Odry i Wisły, będący jednocześnie działem wód podziemnych. Zgodnie z podziałem na regiony wodne obszar znajduje się w regionach Warty i Środkowej Wisły – odpowiednio w jednostkach bilansowych P-XIV Zlewnia Górnej Noteci, P-VII Zlewnia Warty od Neru do Prosny, P VI – Zlewnia Dolnego Neru oraz Z-19 – Zlewnia Wisły (L) od Bzury do Korabnika poniżej Włocławka. W podziale na jednolite części wód podziemnych obszar należy do JCWPd nr 43 i 47 (część północna), nr 62 (część środkowa) oraz nr 72 (część skrajnie południowa; Fig. 2.13).

Szczegółowe informacje dotyczące rozpoznania i warunków hydrogeologicznych można znaleźć na arkuszach Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1 : 50 000 (MhP) – Piotrków Kujawski (Maszońska, 2002), Radziejów (Giełżecka-Mądry, 2002), Ślesin (Szadkowska, 1997a), Sompolno (Straburzyńska, 2002), Izbica Kujawska (Dąbrowski i Owczarczak, 2002), Koło (Trzeciakowska, 2002), Kłodawa (Trzeciakowska i Owczarczak, 2002), Turek (Bierkowska, 1997), Dąbie (Szadkowska, 1997b) oraz objaśnieniach do nich.

Na obszarze Koło słodkie (zwykłe) wody podziemne występują w obrębie czwartorzędowego, neogeńsko-paleogeńskiego i kredowego piętra wodonośnego, a lokalnie ujmowane są również w utworach jury (Fig. 2.14). Żadne z wymienionych pięter nie zostało rozpoznane jako występujące w sposób ciągły na całym obszarze i charakteryzujące się jednocześnie parametrami właściwymi dla wodonośnych pięter (poziomów) użytkowych, zgodnie z kryteriami MhP. Za najbardziej rozprzestrzenione utwory wodonośne należy uznać spękane wapienie i margle kredy górnej, pomimo iż do celów eksploatacyjnych najczęściej ujmowane są wody podziemne występujące w piaszczysto-żwirowych osadach czwartorzędowych. Do celów użytkowych ujmowane są wody podziemne występujące do głębokości 180 m.

Wymienione wyżej piętra wodonośne pozostają na ogół w kontakcie hydraulicznym. Obszar Koło jest położony w obrębie regionalnego obszaru zasilania wód podziemnych, w strefie wododziałowej wód podziemnych. W warunkach naturalnych przepływ wód podziemnych następował w dwóch zasadniczych kierunkach – ku wschodowi w północno-wschodniej części obszaru oraz ku zachodowi na pozostałej części obszaru. Drenaż wód odbywał się w obrębie dolin cieków

wodnych i rynien jezior. Naturalne warunki hydrodynamiczne w utworach od czwartorzędu do kredy górnej zostały zaburzone w wyniku drenażu wód podziemnych w związku z eksploatacją odkrywek węgla brunatnego Konin i Adamów, zlokalizowanych obrębie lub sąsiedztwie obszaru przetargowego. W wyniku prowadzonych odwodnień powstały leje depresji na ogół o dość stromym nachyleniu powierzchni piezometrycznych. W centralnych częściach odkrywek obniżenie zwierciadła wód podziemnych osiągać mogło nawet ponad 60 m. Obecnie odwodnienia prowadzone są dla wyrobiska Tomisławice (obszar górniczy wyłączony z opisywanego obszaru koncesyjnego) oraz Drzewce (w sąsiedztwie zachodniej granicy obszaru). Maksymalne obniżenie poziomu wód w obrębie lejów depresji odkrywki Tomisławice przekracza 30 m. Ich zasięgi rozkładają się dość równomiernie we wszystkich kierunkach. Woda z odwodnienia zrzucana jest przez rzekę Pichnę i rowy do Noteci, a dalej do Jeziora Gopło, a także do Jeziora Głuszyńskiego. Większość wód z odkrywki Drzewce jest odprowadzana do Jeziora Lubstowskiego, skąd trafia do Kanału Grójeckiego, a następnie do rzeki Warty. Odkrywki Lubstów i Koźmin położone wzdłuż południowo-zachodniej granicy obszaru zostały wyłączone z eksploatacji odpowiednio w 2010 i 2016 r. W związku z ich rekultywacją w kierunku utworzenia zbiorników wodnych, drenaż wód podziemnych został wyłączony (Lubstów) lub ograniczony (Koźmin), tym samym następuje odbudowa ciśnień hydrodynamicznych.

W obrębie mezozoicznych pięter wodonośnych wody słodkie współwystępują z wodami zmineralizowanymi (słonymi). W utworach kredy górnej wody o podwyższonej mineralizacji spotykane są na głębokości od kilkudziesięciu do ponad 200 m. W rejonie wysadu solnego w Kłodawie wody słone pojawiają się również w poziomach czwartorzędowym i neogeńskim, na głębokości nawet 20 m. Obszar Koło jest położony w obrębie północno-wschodniego skrzydła synklinorium mogileńsko-łódzkiego-miechowskiego, charakteryzującego się występowaniem najbardziej zasobnych w niżowej części kraju zbiorników wód termalnych w utworach dolnej kredy oraz dolnej jury. Wody tego rodzaju zostały ujęte m.in. otworem Koło GT-1, w którym z piaskowców kredy dolnej uzyskano dopływ wód typu Cl-Na-I o mineralizacji około 94 g/dm^3, temperaturze na wypływie przekraczającej 84°C oraz wydajności ponad 250 m^3/h. Wody te mogą zostać wykorzystane do pozyskiwania ciepła (geotermia średniotemperaturowa) oraz celów balneoterapeutycznych pod warunkiem spełnienia wymogów właściwych dla wód leczniczych określonych w ustawie Prawo geologiczne i górnicze.

Występowanie wód podziemnych w **utworach czwartorzędowych** jest związane z piaszczysto-żwirowymi osadami dolin rzecznych, utworami międzyglinowymi oraz kopalnych dolin polodowcowych. W jego obrębie został wydzielony poziom wód gruntowych oraz dwa międzyglinowe poziomy wodonośne, które na obszarze Koło mają charakter użytkowy. Rozprzestrzenienie tworzących je warstw wodonośnych ma charakter lokalny. W profilu pionowym spotykane jest niekiedy kilka warstw wodonośnych, które nakładają się na siebie, łączą albo występują obocznie, lub też wyłącznie utwory słabo przepuszczalne, pozbawione poziomów wodonośnych.

Poziom wód przypowierzchniowych (gruntowych) występuje w utworach piaszczysto-żwirowych tarasów współczesnych dolin rzecznych, w strukturze pradoliny warszawsko-berlińskiej oraz w piaskach sandrów rynien jeziornych. Jego miąższość jest zmienna i wynosi od kilku do ponad 20 m przy nałożeniu się współczesnych osadów dolinnych na starsze utwory interglacjału eemskiego lub utwory fluwioglacjalne. Pod względem granulometrycznym są to przede wszystkim piaski średnio- i drobnoziarniste (rzadziej grubo- i różnoziarniste lub żwiry). Współczynnik filtracji w zależności od granulacji warstwy waha się najczęściej od 10 do 30 m/24h, zaś przewodność wodna od kilkudziesięciu do 500 m^2/24h (w miejscach nakładania się osadów dolinnych na starsze osady). Poziom charakteryzuje się zwierciadłem swobodnym występującym na ogół na głębokości 1–10 m, które podlega wahaniom sezonowym. Zasilanie odbywa się poprzez infiltrację opadów

i dopływ z głębszych poziomów wodonośnych w obrębie obniżeń dolinnych, zaś drenaż ma miejsce w dolinach cieków powierzchniowych i jezior lub też odbywa się w rejonie odkrywek górniczych.

Poziom międzyglinowy górny został rozpoznany m.in. w zachodniej części obszaru Koło. Występuje w osadach piasków i żwirów fluwioglacjalnych oraz rzecznych rozdzielających gliny morenowe zlodowacenia bałtyckiego (wisły) od zlodowaceń środkowopolskich. Jego miąższość wynosi od kilku do 20 m w obrębie dolin kopalnych interglacjału eemskiego. Współczynnik filtracji warstwy wodonośnej mieści się na ogół w granicach od kilku do kilkunastu m/24h, lokalnie sięgając 50 m/24h, natomiast przewodność wynosi od 50 do 150 m^2/24h, miejscami przekraczając 400 m^2/24h. Poziom międzyglinowy górny z uwagi na powiązania hydrostrukturalne zazwyczaj tworzy z poziomem wód gruntowych jeden układ hydrodynamiczny. Poziom jest nieciągły – nie występuje zwykle w dolinach rzecznych i w niektórych partiach wysoczyzn. Zalega na głębokości 5–15 m, pod nadkładem glin zlodowacenia bałtyckiego (wisły), stanowiących warstwę napinającą zwierciadło wody. Zasilany jest poprzez przesączanie się wód z wyżej zalegającego poziomu gruntowego i infiltrację opadów przez nadkład gliniasty. Drenowany jest podobnie jak poziom gruntowy, w obrębie obniżeń dolin rzecznych i jeziornych oraz na skutek sztucznego odwadniania.

Poziom międzyglinowy dolny/podglinowy występuje w osadach fluwioglacjalnych i rzecznych interglacjału wielkiego, rozdzielając gliny morenowe zlodowaceń środkowopolskich od południowopolskich. Niekiedy osady te zalegają bezpośrednio na utworach neogeńsko-paleogeńskich lub kredowych, pozostając w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym ze starszymi poziomami wodonośnymi. Poziom budują różnoziarniste piaski i żwiry o miąższości 10–30 m (lokalnie do 50 m). Zwierciadło wód ma na ogół charakter naporowy i występuje na głębokości 15–60 m, a w dolinach cieków 5–10 m pod powierzchnią terenu. W dolinach tych bywa niekiedy pozbawiony izolacji (zwierciadło swobodne) lub ma charakter poziomu artezyjskiego. Lokalnie, przez okna hydrogeologiczne łączyć się może z górnym poziomem międzyglinowym górnym lub gruntowym. Wielkość współczynnika filtracji waha się na ogół od 5 m/24h do 40 m/24h, a przewodność warstwy wodonośnej mieści się na ogół w granicach od 100–500 m^2/24h. Poziom ten jest zasilany na drodze przesączania się wód z nadległych poziomów wodonośnych czwartorzędu, bezpośredniej infiltracji opadów w miejscach, gdzie nie występuje poziom gruntowy lub międzyglinowy górny lub lokalnie przez przepływy w oknach hydrogeologicznych, a także dopływy z niżejległych pięter. Drenaż odbywa się podobnie jak w przypadku wcześniej scharakteryzowanych czwartorzędowych poziomów wodonośnych.

Wody czwartorzędowego piętra wodonośnego są na ogół wodami słodkimi o mineralizacji sięgającej 300–700 mg/l, która w rejonie wysadów solnych oraz obszarach poddanych silnej antropopresji może sięgać nawet 1500 mg/l. W utworach czwartorzędu dominują współczesne wody infiltracyjne typu HCO_3-Ca, rzadziej HCO_3-SO_4-Ca lub HCO_3-Ca-Mg. Ich odczyn (pH) mieści się w zakresie wartości 6,8–8,1. Chemizm wód jest dość zróżnicowany z uwagi m.in. na występowanie wysadów solnych oraz antropopresję. W rejonie wysadu solnego w Kłodawie oraz na obszarach zurbanizowanych w wodach podziemnych zaobserwowano wyraźnie podwyższone zawartości chlorków (>60,0 mgCl/l) i siarczanów (>100,0 mgSO_4/l). Koncentracja związków żelaza zmienia się od 0,01 do 7,0 mg/dm^3, jednak na przeważającej części obszaru nie przekracza 1,5 mg/dm^3. W wyższych ilościach występuje w dolnym poziomie podglinowym. Stężenia manganu z reguły nie są wyższe niż 0,7 mg/dm^3. Stopień obciążenia związkami azotowymi jest na ogół niski. Zawartość amoniaku sięga lokalnie powyżej 5 mgNH_4/l, jednakże poza obszarami silnej antropopresji (Koło) nie przekracza zwykle wartości dopuszczalnej dla wód pitnych. Zawartość azotanów nie przekracza na ogół 30 mgNO_3/l, choć punktowo sięgać może ponad 70 mgNO_3/l. Najwyższe obserwowane stężenia związków azotu obserwuje się w wodach poziomu przypowierzchniowego (gruntowego). Ich stężenia w wodach ujmowanych z poziomu międzyglinowego dolnego

są zazwyczaj istotnie niższe, przeważnie nie przekraczają 0,5 $mgNH_4/l$ i 5 $mgNO_3/l$.

Na obszarze Koło nie obserwuje się aktualnie obszarowych zanieczyszczeń wód podziemnych, z wyjątkiem lokalnego wzrostu zawartości związków azotu oraz żelaza i manganu.

Wody podziemne **neogeńsko-paleogeńskiego piętra wodonośnego** związane są z utworami piaszczystymi miocenu i jedynie miejscami oligocenu ściśle powiązanego z poziomem mioceńskim.

Wodonoścem **poziomu mioceńskiego** są piaski drobnoziarniste i mułkowate, lokalnie średnioziarniste, o zmiennej miąższości od 10 do 50 m, przedzielone strefowo warstwami mułów i węgli brunatnych, występujące na głębokości od 15 do 70 m (zwykle na rzędnych 70–100 m n.p.m.). Mioceńskie osady wodonośne nie mają ciągłego rozprzestrzenienia. Ich występowanie jest zależne od morfologii podłoża mezozoicznego oraz tektoniki i erozji podtrzeciorzędowej. Brak ich w obrębie wyniesień podłoża m.in. wysadów solnych, zaś najkorzystniejsze warunki charakteryzują pradolinę warszawsko-berlińską oraz wschodnią część obszaru. Wartości współczynnika filtracji mioceńskich utworów wodonośnych są zatem dość zróżnicowane i wynoszą od 1 do 20 m/24h, zaś przewodność waha się od kilkunastu do ponad 200 $m^2/24h$, miejscami przekraczając jednak nawet 500 $m^2/24h$. Wody w poziomie mioceńskim występują pod ciśnieniem (wody subartezyjskie). Warstwę napinającą stanowią słabo przepuszczalne iły poznańskie oraz gliny zwałowe czwartorzędu. Zwierciadło piezometryczne znajduje się na głębokościach od kilku do ponad 20 m. Zasilanie poziomu mioceńskiego zachodzi na drodze przesączania się wody z poziomów czwartorzędowych i lokalnie przez przepływy w oknach hydrogeologicznych (m.in. rejon Kłodawy). Na skutek odwodnień górniczych naturalny układ krążenia został całkowicie zmieniony, m. in. zwierciadło poziomu zostało obniżone w rejonie odkrywek o 25–30 m.

Bazę drenażu poza sztucznymi odwodnieniami stanowią rynny jezior dolina Warty, Noteci i Zgłowiączki.

Poziom oligoceński na obszarze Koło praktycznie nie został rozpoznany pod względem hydrogeologicznym. Budują go piaski glaukonitowe, najczęściej drobnoziarniste, o miąższości do około 20–30 m, występujące w zagłębieniach podłoża mezozoicznego, głównie w północno-zachodniej części obszaru. Poziom ten pozostaje w więzi hydraulicznej z poziomem mioceńskim.

Wody neogeńsko-paleogeńskiego piętra wodonośnego reprezentują typ hydrochemiczny HCO_3-Ca, HCO_3-Ca-Mg lub HCO_3-SO_4-Cl-Ca. Mineralizacja wód mieści się w przedziale od poniżej 1000 do 2000 mg/l, zwykle jednak nie przekracza 600 mg/l. Odczyn (pH) jest najczęściej obojętny lub słabo zasadowy, pH od 6,8 do 8,5. Barwa wód waha się w zakresie od 1 do około 200 mgPt/l, zwykle jednak poniżej 25 mgPt/l. Najwyższe wartości tego wskaźnika związane są z obecnością w wodach substancji organicznej. Zawartość jonów chlorkowych i siarczanowych nie przekracza na ogół 40 mg/l. Wyższe stężenia mogą występować w rejonie wysadów solnych. W okolicy kopalni soli w Kłodawie stwierdzone zostało zasolenie wód poziomu mioceńskiego – mineralizacja na głębokości 50–60 m sięgała do 5 g/dm^3. Stężenia amoniaku wahają się na ogół w zakresie 0,02–1,5 $mgNH_4/l$, lokalnie osiągając 2,0 $mgNH_4/l$. Podwyższone stężenia są pochodzenia naturalnego i występują punktowo. Stężenia jonu azotanowego są zazwyczaj niskie, zwykle nie przekraczają 5 $mgNO_3/l$, choć lokalnie sięgać mogą do 70 $mgNO_3/l$. Żelazo występuje w stężeniach od 0,01 do 11 mgFe/l (Leszcze), najczęściej 0,1–4 mgFe/l, zaś mangan od 0,01 do 1 mgMn/l (Ponętów Dolny), zwykle nie przekraczając 0,4 mgMn/l.

Kredowe piętro wodonośne jest związane ze spękanymi marglami, opokami i wapieniami kredy górnej, zalegającymi zwykle na głębokości od 20 do 100 m. Ma największe rozprzestrzenienie spośród opisanych dotąd wodonośnych poziomów użytkowych. Rozpoznane zostało pod względem hydrogeologicznym w zachodniej, północnej i południowo-zachodniej części obszaru Koło. Występujące w nim wody znajdują się na ogół pod ciśnieniem subartezyjskim. Poziomy są izolowane

przez warstwę glin zwałowych i iłów poznańskich. Jedynie w pradolinie warszawsko-berlińskiej poziom ten płaczy się z poziomem czwartorzędowym tworząc z nim jeden poziom wodonośny. Wówczas charakteryzuje się swobodnym lub lekko napiętym zwierciadłem wody, brakiem izolacji lub bardzo niewielką izolacją. Zwierciadło stabilizuje się zwykle kilka-kilkanaście m p.p.t., a w rejonach odwadnianych odkrywek węgla brunatnego do 30 m niżej. Miąższość strefy zawodnienia wynosi od kilkunastu do ponad 100 m. Najlepsze parametry wodonośca występują w spękanej stropowej części utworów kredy górnej, do głębokości około 50 m, poniżej 120–150 m szczelinowatość skał stopniowo zanika. Współczynnik filtracji mieści się w granicach 2 do 30 m/24h (lokalnie powyżej 60 m/24h), zaś przewodność wodna od kilkudziesięciu do ponad 2000 m^2/24h (zwykle do 500 m^2/24h). Najwyższe wartości wymienionych parametrów charakteryzują strefy zawodnione związane z tektoniką uskokową o kierunku północny zachód – południowy wschód. Zasilanie następuje na drodze przesączania się wód z wyżej zalegających utworów czwartorzędowych lub neogeńsko-paleogeńskich, przez okna hydrogeologiczne oraz infiltrację opadów atmosferycznych w miejscach, gdzie nie występują wspomniane poziomy wodonośne. Piętro drenowane jest drenowany jest przez Noteć, Wartę, kanał Warta-Gopło oraz głęboko wcięte doliny rynien glacjalnych, a także przez odwodnienia kopalniane. W obrębie poziomu górnokredowego części źródliskowej Noteci wydzielono GZWP nr 151 Turek – Konin – Koło, którego niewielki fragment znajduje się na opisywanym obszarze (Fig. 2.13).

Jurajskie piętro wodonośne zostało rozpoznane jednym otworem hydrogeologicznym (Przedecz) na niewielkim fragmencie obszaru Koło, w jego południowo-wschodniej części (Fig. 2.13). Fragment ten został włączony do zbiornika górnojurajskiego GZWP nr 226 Krośniewice – Kutno. Piętro to pełni funkcję poziomu podrzędnego. Związane jest z wapieniami i marglami jury górnej o miąższości od kilkunastu do ponad 100 m, których strop występuje zwykle na głębokości 70–120 m. Wartość współczynnika filtracji utworów górnojurajskich wynosi od około 0,5 do ponad 15 m/24h, a przewodność od kilkudziesięciu do ponad 1000 m^2/24h. Zasilanie poziomu wodonośnego zachodzi na drodze przesączania wód z płytszych poziomów wodonośnych, zaś bazę drenażu stanowi dolina Bzury.

W utworach górnej kredy i górnej jury występują wody niskozmineralizowane, których mineralizacja nie przekracza 700 mg/l, Są to na ogół wody typu HCO_3-Ca, HCO_3-SO_4-Ca, sporadycznie HCO_3-Cl-Na-Ca. Ich cechą charakterystyczną są naturalnie występujące podwyższone stężenia żelaza, manganu i amoniaku. Ostatni z wymienionych składników powstaje przez bezpośredni rozkład substancji organicznej zachodzący w warunkach beztlenowych ale także w wyniku biochemicznej redukcji utlenionych związków azotu. Substancja organiczna powoduje zakwaszenie środowiska i uruchamia migrację składników takich jak żelazo i mangan. Żelazo występuje najczęściej w stężeniach od 0,1 do 3,0 mg/l, choć jego zawartość może wzrastać nawet do około 10 mg/l, zaś mangan najczęściej od 0,01–0,5 mg/l, a lokalnie do ponad 2 mg/l. Zawartość amoniaku w wodach występuje w zakresie od 0,001 do ponad 5 mg/l (najczęściej od 0,2 do 0,7 mg/l). Stężenia innych związków azotu są na ogół niskie co wskazuje na brak widocznego wpływu antropopresji. Również zawartości siarczanów oraz chlorków są najczęściej dość niskie i zawierają się odpowiednio w granicach od 5 do 50 mg/l i od 2 do 30 mg/l. Podwyższone stężenia jonów występują w utworach wodonośnych kredy górnej na terenach zurbanizowanych (Koło) pozbawionych w nadkładzie utworów słabo przepuszczalnych. Wysokie stężenia chlorków oraz siarczanów (rzędu kilkuset mg/l)spotykane są w rejonach wysadów solnych (okolice Kłodawy).

Biorąc pod uwagę rozprzestrzenienie pięter oraz poziomów wodonośnych, ich położenie względem siebie w układzie hydrostrukturalnym oraz charakteryzujące je warunki hydrogeologiczne, w obrębie obszaru Koło wyodrębniono kilka jednostek hydrogeologicznych o zróżnicowanej charakterystyce. W profilach pionowych rozpoznano od jednego do trzech

użytkowych pięter wodonośnych. Jedynie lokalnie, w środkowej i wschodniej części obszaru, stwierdzono całkowity ich brak.

Występowanie użytkowych poziomów w obrębie trzech pięter wodonośnych – czwartorzędowego, neogeńsko-paleogeńskiego i kredowego (jednostka Q/Ng-Pg/K) rozpoznano jedynie w zachodniej części obszaru, m.in. w rejonie miejscowości Wierzbinek. Rolę głównego użytkowego piętra wodonośnego pełnią tu na ogół utwory wodonośne kredy górnej, co wynika nie tylko z ich zasobności lecz również obniżenia zwierciadła wód wyżej leglych piętrach wodonośnych na skutek drenażu górniczego wokół odkrywkowej kopalni węgla brunatnego w Tomisławicach. Z uwagi na izolację stropu miąższymi pakietami utworów słabo przepuszczalnych, stopień zagrożenia poziomu kredowego zanieczyszczeniami pochodzenia antropogenicznego jest niski. W rejonach, w których rolę głównego poziomu wodonośnego pełnią piaski czwartorzędowe stopień zagrożenia wzrasta lokalnie do wysokiego i bardzo wysokiego.

W środkowej, wschodniej i południowo-wschodniej części obszaru dominują piętra czwartorzędowe i neogeńsko-paleogeńskie (jednostki Q/Ng-Pg, Q, Ng-Pg). W przypadkach współwystępowania piętra czwartorzędowego i neogeńsko-paleogeńskiego charakter głównego użytkowego ma zazwyczaj piętro młodsze, charakteryzujące się średnim stopniem zagrożenia jakości wód, wzrastającym w rejonach większych miejscowości do wysokiego. Wzdłuż południowo-zachodniej granicy obszaru oraz w jego południowej części dominujące znaczenie użytkowe ma piętro kredowe, współwystępujące na większości obszaru z piętrami czwartorzędowymi lub neogeńsko-paleogeńskim, o podrzędnym znaczeniu użytkowym (jednostki K, Q/K, Ng-Pg/K). Stopień zagrożenia zanieczyszczeniami pochodzenia antropogenicznego zmienia się tu zależnie od stopnia izolacji poziomu głównego oraz sposobu zagospodarowania terenu od bardzo niskiego przez niski i średni po wysoki. Podobnie w północnej części obszaru dominuje piętro górnokredowe, nierzadko współwystępując z wyżejległym piętrem czwartorzędowym lub neogeńsko-paleogeńskim o dominującym znaczeniu użytkowym (jednostki K, Ng-Pg/K, Q/K). Stopień zagrożenia wód podziemnych głównego poziomu wodonośnego na tym obszarze jest na ogół niski i bardzo niski, rzadziej średni.

Na obszarze przetargowym znajdują się niewielkie fragmenty głównych zbiorników wód podziemnych GZWP nr 144 Dolina Kopalna Wielkopolska ustanowiony dla ochrony zasobów zwykłych wód podziemnych w utworach czwartorzędowych (północna część obszaru), GZWP nr 151 Zbiornik Turek–Konin–Koło ustanowiony w celu ochrony wód podziemnych w utworach kredy górnej (południowy-zachodnia część obszaru) oraz GZWP nr 226 Krośniewice–Kutno, którego ustanowienie ma służyć ochronie wód podziemnych w utworach jury górnej (południowo-wschodnia część obszaru; Fig. 2.13). Dla wszystkich wymienionych zbiorników wyznaczono obszary ochronne, które jednak znajdują się poza granicami opisywanego obszaru.

Zasoby dyspozycyjne wód zwykłych użytkowych pięter wodonośnych w rejonie obszaru przetargowego zostały określone w wysokości:

a) 390 816 m^3/24h w „Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych prawobrzeżnej zlewni Warty od zlewni Neru po zlewnię Meszny wraz ze zlewnią Górnej Noteci po Pakość i zlewnię Kanału Głuszyńskiego (zlewnia Zgłowiączki) 4314/2014", zatwierdzone decyzją DGK-II-4731-80/7039/38476/13/Mje z 24/09/2014 r.; obszar 4247,8 km^2.

b) 253 345 m^3/24h w „Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego zlewni Skrwy Lewej i Zgłowiączki (bez rejonu wodnogospodarczego Z-19/F)" 3402/2019 zatwierdzone decyzją DGK-II.4731.20.2018.MJe z dnia 06/03/2019 r.; obszar 2471,3 km^2.

W obrębie obszaru Koło istnieje około 350 otworów hydrogeologicznych, z których ponad 300 to otwory eksploatacyjne w ujęciach jedno- i wielootworowych. Część ujęć, szcze-

gólnie prywatnych, jest obecnie nieczynna z uwagi na dostępność sieci wodociągowej zaopatrującej w wodę większość użytkowników indywidualnych i instytucjonalnych. Największa liczba ujęć i wchodzących w ich skład otworów hydrogeologicznych znajduje się w północnej oraz w zachodniej części obszaru, w rejonie Sompolna, Wierzbinka i Koła. Podstawowe informacje o największych ujęciach zlokalizowanych w granicach obszaru przetargowego zestawiono w Tab. 2.3. Dla żadnego z ujęć nie ustanowiono dotąd strefy ochrony pośredniej.

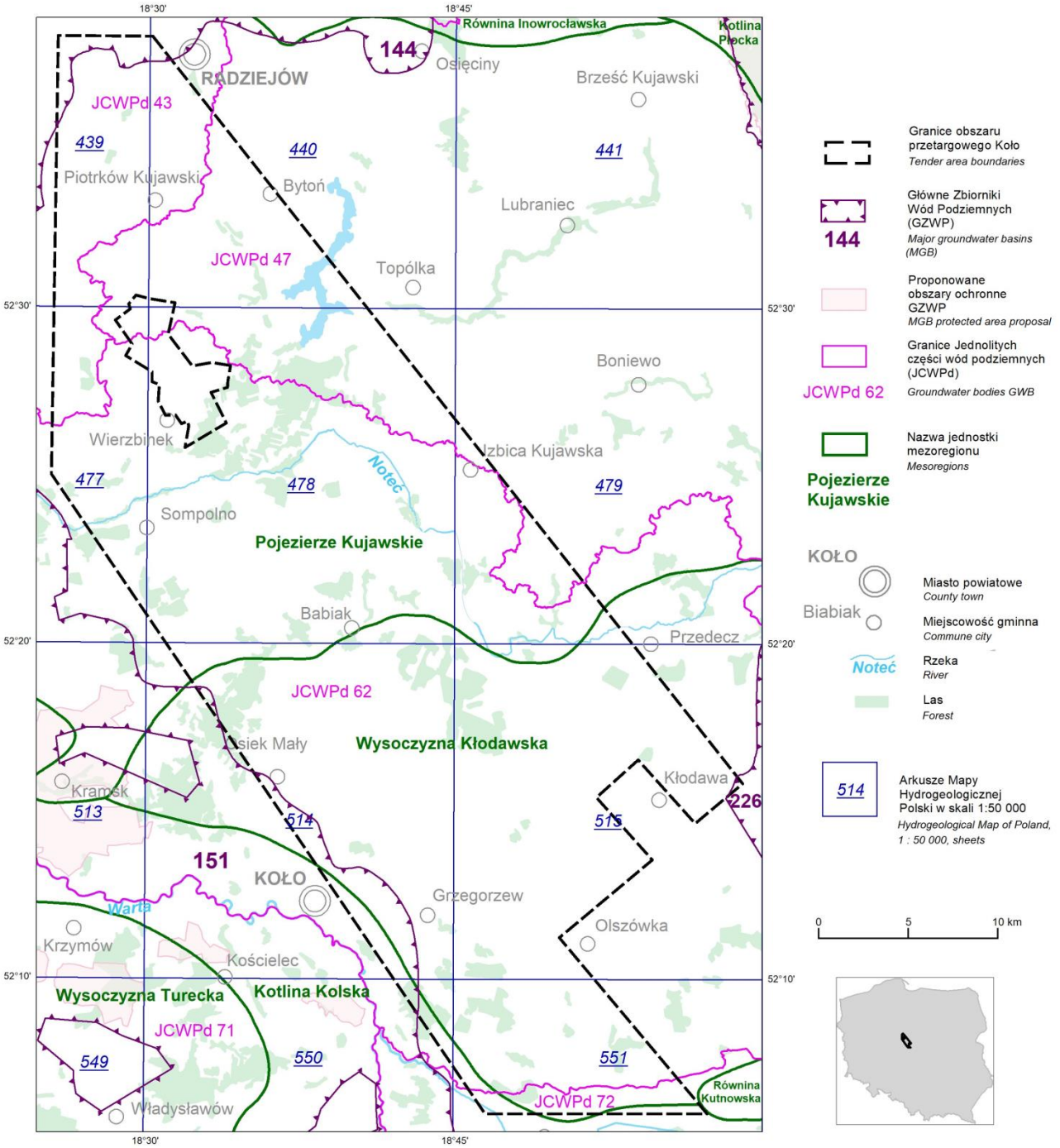


Fig. 2.13. Położenie obszaru przetargowego Koło na tle jednostek fizycznogeograficznych oraz JCWPd i GZWP.

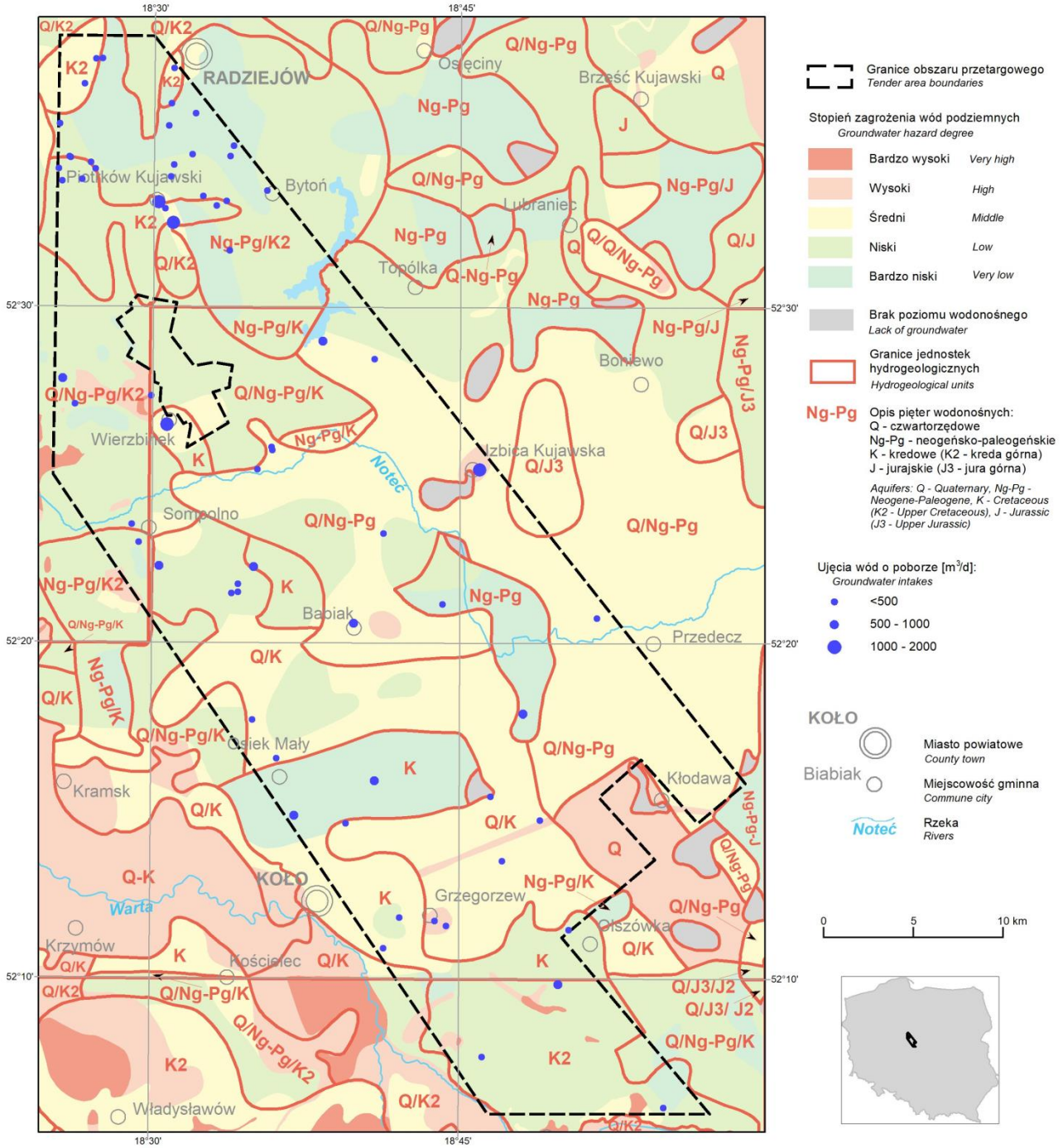


Fig. 2.14. Położenie obszaru przetargowego Koło na tle jednostek hydrogeologicznych.

Lp.	Użytkownik ujęcia	Nazwa ujęcia/ miejscowość	Zasoby eksploatacyjne [m^3/h]	Wiek warstwy wodonośnej	Średni pobór dobowy [m^3/24h]
1	Przedsiębiorstwo Handlu Zagranicznego Spółdzielni Mleczarskich Lacpol Sp. z o.o.	Proszkownia mleka/ Piotrków Kujawski	110	kreda górna	1600
2	Miasto i Gmina Piotrków Kujawski - Zakład Komunalny	Ujęcie komunalne/ Piotrków Kujawski	170	czwartorzęd	1550
3	Przedsiębiorstwo Gospodarki Komunalnej Sp. z o.o. w Wierzbinku	Ujęcie wodociągu gminnego/ Wierzbinek	168	kreda górna	1100
4	Zakład Gospodarki Komunalnej i Wodociągów W Izbicy Kujawskiej	Ujęcie miejskie/ Izbica Kujawska	112	czwartorzęd	1000
5	Gmina Osiek Mały	Ujęcie dla wodociągu gminnego/Osiek Mały	116	kreda górna	750
6	Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z.o.o. w Sompolnie	Ujęcie dla wodociągu gminnego/Biele	176	kreda górna	750
7	Przedsiębiorstwo Usług Komunalnych Sp. z.o.o. w Sompolnie	Ujęcie dla wodociągu gminnego/Mostki	56	kreda górna	700

Tab. 2.3. Zestawienie informacji o ujęciach o największym poborze wód podziemnych zlokalizowanych w granicach obszaru przetargowego Koło.

3. SYSTEM NAFTOWY

3.1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA NAFTOWA OBSZARU PRZETARGOWEGO

System naftowy określa się, jako zespół procesów geologicznych i geochemicznych prowadzących do powstania złoża węglowodorów. Podstawowymi elementami systemu naftowego są: skała macierzysta, która w wyniku podgrzania zawartej w niej substancji organicznej posiada zdolność generowania węglowodorów, skała zbiornikowa, której właściwości petrofizyczne (porowatość, przepuszczalność) pozwalają na akumulację mediów złożowych, oraz skała uszczelniająca, która zapobiega ucieczce zakumulowanych w skale zbiornikowej węglowodorów. Poza odpowiednią litologią skał umożliwiającą generację, oraz akumulację ropy naftowej i/lub gazu ziemnego niezbędne jest również istnienie pułapki, której cechy strukturalne i/lub stratygraficzno-litologiczne pozwalają na akumulację mediów złożowych w jej obrębie. Poza wyżej wymienionymi elementami, do zaistnienia systemu naftowego i powstania złoża węglowodorów niezbędny jest zespół procesów umiejscowionych w przestrzeni i w czasie geologicznym, których wzajemne relacje pozwalają na powstanie złoża (Dembicki, 2017; Magoon i Dow, 1994). Do tych procesów należą: generowanie, ekspulsja, migracja i akumulacja węglowodorów oraz formowanie pułapki złożowej.

Analizując strukturę tektoniczną obszaru Koło oraz parametry petrofizyczne i geochemiczne formacji skalnych w tym rejonie należy wyróżnić dwa systemy naftowe:

- konwencjonalny system naftowy mezozoiku (trias, jura, kreda);
- niekonwencjonalny system naftowy w obrębie skał drobnoklastycznych jury.

Ponadto, należy założyć istnienie karbońsko-permskiego systemu naftowego pod miąższymi osadami mezozoiku. Jednakże głębokie zaleganie tych skał (>5000 m) może się wiązać ze słabymi parametrami petrofizycznymi spowodowanymi silną diagenezą i kompakcją potencjalnych skał zbiornikowych. Możliwy jest jednak scenariusz, w którym doszło do migracji węglowodorów z pięter permskich i podpermskich do mezozoicznych skał zbiornikowych wzdłuż powierzchni nieciągłości związanych z przemieszczaniem się mas solnych. W ujęciu regionalnym, na obszarze niecki łódzkiej oraz antyklinorium kujawskiego, utwory mezozoiku zostały w porównaniu do obszarów sąsiednich znacznie głębiej pogrzebane i wykazują potencjał generacyjny węglowodorów. Jako potencjalne skały macierzyste uznaje się przede wszystkim łupki jurajskie, głównie jury środkowej (doggeru) i górnej (malmu). Podrzędnie, niewielkie nagromadzenia substancji organicznej występują również w osadach triasu facji wapienia muszlowego i kajpru. Poza skałami mezozoiku nie należy wykluczać potencjalnych, starszych skał macierzystych w obrębie formacji permskich oraz podpermskich, które mogły stanowić kolejne ważne źródło generacji węglowodorów. Skałami, które mogą pełnić rolę pułapek dla węglowodorów (na skutek obocznych kontaktów z młodszymi seriami osadowymi lub w formie pułapek przywysadowych) są piaskowce i wapienie triasu, jury i kredy, w których napotykano na objawy ropy naftowej i gazu ziemnego. Uszczelnienie stanowią słabo przepuszczalne skały ilaste i ewaporaty mezozoiku oraz wyciśnięte ewaporaty cechsztynu.

Niekonwencjonalny system naftowy jest związany z jurajskimi formacjami drobnoklastycznymi. Największy potencjał posiadają skały jury środkowej i górnej, które mogą być rozpatrywane jednocześnie jako skała macierzysta, zbiornikowa i uszczelniająca (Zhao i in., 2016).

W niniejszym opracowaniu wszystkie skały macierzyste zostały opisane wspólnie w podrozdziale 3.2, skały zbiornikowe i uszczelniające natomiast, odpowiednio w podrozdziałach 3.3 oraz 3.4. Podrozdział 3.5 jest poświęcony charakterystyce niekonwencjonalnego, jurajskiego systemu naftowego. W podrozdziale 3.6 zostały poruszone zagadnienia dotyczące generacji, migracji i ekspulsji węglowodorów oraz przykłady możliwych analogów akumulacji węglowodorów w Europie Zachodniej.

Charakterystykę systemów naftowych na obszarze przetargowym Koło przeprowadzono na podstawie danych geologicznych z otworów znajdujących się w jego obrębie oraz w bliskim jego sąsiedztwie: Aleksandrów Łódzki 1, Augustynowo 1, Banachów IG-1, Bierzwienna K-31, Bolesław-1, Brześć Kujawski IG-2, Byczyna 1, Długie K-68, Gopło GEO10, Gopło GEO9, Izbica 2, Izbica Kujawska K-37, Izbica Kujawska K-67, Izbica Kujawska K70, Kaszewy 1, Kłodawa 66, Kłodawa 71, Kłokoczyn-1, Koło GT-1, Koło IG-3, Malanów 1, Marcjanowo K-33, Pagórki IG-1, Podtymień K-69, Ponętów 1, Ponętów 2, Przybyłów 1, Rdutów 2, Siedlec-1, Trześniew 1, Wartkowice 1, Wartkowice 2, Wartkowice-3, Wojszyce IG-1A, Wojszyce IG-3, Wojszyce IG-4, Wrząca IGH-1. Ich lokalizację można znaleźć na Fig. 2.4.

3.2. SKAŁY MACIERZYSTE

Wśród najbardziej perspektywicznych skał macierzystych mezozoiku wyróżnia się skały środkowej i górnej jury. Ponadto, jako potencjalne skały macierzyste uważa się formacje podcechsztyńskie (karbońskie).

Karbon
karbońskie skały drobnoklastyczne / węgle kamienne (potencjalne)

Powszechnie przyjmuje się, że gaz zakumulowany w interwałach czerwonego spągowca ma swoje źródło w karbońskich skałach macierzystych (np. Kotarba i in., 1992, 1999, 2005; Karnkowski, 1999). Analiza składu chemicznego oraz izotopowego gazu ziemnego zakumulowanego w czerwonym spągowcu Pomorza zachodniego i monokliny przedsudeckiej pozwoliła zauważyć podobieństwo genetyczne z akumulacjami występującymi w karbońskich skałach macierzystych (Kotarba i in., 1992, 1999, 2005; Lokhorst, 1997). Polskie formacje karbońskie nie są jednak w pełni porównywalne z tymi, które zasilają liczne złoża w Europie Zachodniej, ze względu na brak dotychczas rozpoznanych westfalskich węgli kamiennych w profilu karbonu górnego. Ze względu na bardzo głębokie pogrzebanie skał karbońskich na obszarze synklinorium łódzkiego i antyklinorium środkowopolskiego nie było do tej pory możliwe rozpoznanie wykształcenia facjalnego formacji górnokarbońskich na tym obszarze. Tym samym, nie można wykluczyć istnienia pokładów węgla kamiennego w podłożu miąższego permu i mezozoiku. Mimo to, zawartość substancji organicznej w skałach dolno- i górnokarbońskich jest wystarczająca, aby zasilać liczne złoża węglowodorów w basenie polskim.

Na podstawie badań materii organicznej w okolicznych otworach z rejonu Kujaw i Mazowsza ustalono, że na obszarze przetargowym Koło należy spodziewać się wysokich wartości refleksyjności witrynitu w formacjach karbońskich (Ro >= 3%, tzn. w przedziale okna gazowego), osiągając miejscami nawet 4–4,5% (faza przejrzała, nieperspektywiczna dla generowania węglowodorów), (Fig. 3.1; Botor i in., 2013). Na wschód od analizowanego obszaru, w okolicach Warszawy (Mszczonów) potencjał skał karbońskich (S1+S2) jest zróżnicowany, od bardzo niskiego po wyśmienity. Zawartość TOC waha się od 0,3 do 15%, jednak w niektórych próbkach, zawierających uwęglone szczątki roślinne lub laminy węgliste, sięga 80% (Matyasik, 1998; Botor i in., 2002; Pletsch i in., 2010; Botor i in., 2013). W skałach dominuje kerogen typu II i III, w próbkach westfalskich szczególnie kerogen typu III humusowy. Wskaźnik wodorowy (HI) w skałach karbońskich wykazuje wartości od 11 do 620, o średniej wartości 160. Tmax oscyluje natomiast w okolicach 420–455°C. Na obszarze Kujaw i Mazowsza wyróżnia się dwa epizody generacyjne węglowodorów ze skał karbońskich (Botor i in., 2013). Pierwszy zaznacza się w triasie i/lub jurze, następny zaś w późnej kredzie. Transformacja kerogenu była zróżnicowana. W strefie osiowej wału środkowopolskiego (Krośniewice-Kutno-Łódź) genera-

cja gazu rozpoczęła się już we wczesnym triasie i stopniowo rosła do późnej jury. W mniej pogrzebanych strefach generacja gazu rozpoczęła się natomiast w późnym triasie osiągając maksimum generacji we wczesnej jurze, analogicznie, jak na obszarze monokliny przedsudeckiej. Pod koniec kredy generacja węglowodorów z najgłębiej pogrzebanych skał karbońskich była już zakończona.

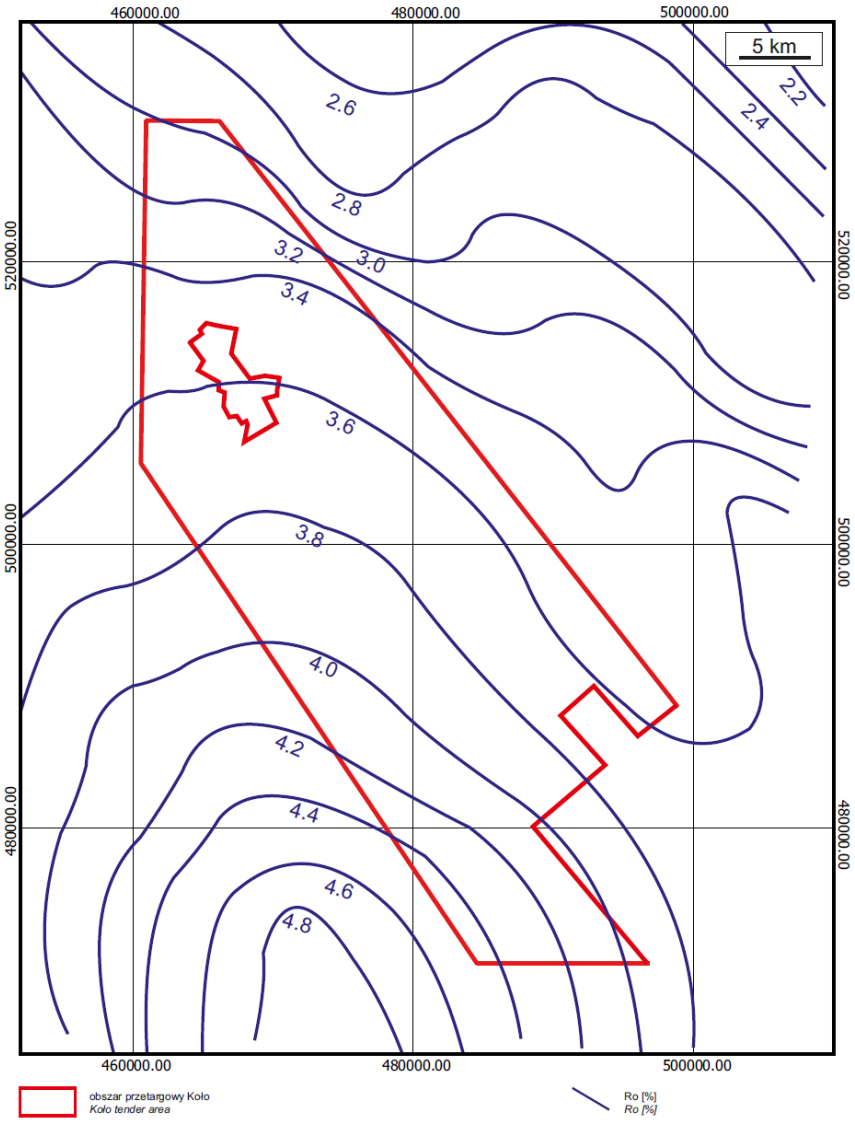


Fig. 3.1. Wartości refleksyjności witrynitu w formacjach karbońskich w rejonie obszaru przetargowego Koło (na podstawie danych otworowych oraz pracy Botora i in., 2013).

Jura środkowa i górna
Litologia: łupki, mułowce i iłowce wapniste, margle

W rejonie niecki łódzkiej i w obrębie wału kujawskiego nie stwierdzono do tej pory złóż węglowodorów. Jest on jak dotychczas słabo rozpoznany pod kątem perspektywiczności naftowej, zarówno pod względem potencjału skał formacji permskich i podpermskich jak i mezozoicznych.

Jako skały macierzyste w obrębie utworów jury środkowej i górnej rozpatrywane są czarne łupki aalenu/bajosu i batonu (jura środkowa) oraz utwory iłowcowo-margliste kimerydu i tytonu (jura górna). Wyniki badań materii organicznej są zróżnicowane, co wynika najprawdopodobniej również ze zmiennej historii pogrzebania skał w różnych częściach basenu, jak i z niedostatecznej ilości danych z obszaru i interwałów stratygraficznych będących obiektem badań. Analizy ilości, skła-

du i dojrzałości materii organicznej i bituminów z jurajskich kompleksów skał iłowcowych są podstawą do ustalenia ich potencjału generacyjnego (Fig. 3.2). Szczególne istotne są tu wartości TOC, Ro i CPI. Analiza materii organicznej wskazuje, że utwory jury osiągnęły pod koniec kredy główną fazę katagenezy odpowiadającą współczynnikowi Ro >0,65% (tzn. początkowi okna ropnego) w najbardziej pogrążonych strefach basenu, tj. poniżej 2500 m (Karnkowski, 1993). Takich głębokości pogrzebania potencjalnie macierzystych utworów jury środkowej (aalen górny – bajos górny – baton) i górnej (kimeryd – dolny tyton) należy się spodziewać na całym obszarze Koło, gdzie skały jury środkowej pogrzebane są nawet na 3000–4000 m w centralnej części obszaru (Kotański, 1997 – mapy ścięcia poziomego na głębokościach 3000 i 4000 m p.p.m.). Dane z otworu Poddębice PIG-2 (strop jury środkowej: 3188,5 m), położonego na pograniczu niecki łódzkiej i wału kujawskiego, uzyskane dla utworów jury środkowej (Ro = 0,5–0,89%) wskazują, że utwory weszły w fazę okna ropnego (Grotek, 2012; Klimuszko, 2012). Analizę dojrzałości skał macierzystych jury środkowej metodą RockEval wykonali Zakrzewski i in. (2022) na podstawie danych z otworu Koło IG-3, znajdującego się na analizowanym obszarze w rejonie niecki łódzkiej oraz otworów sąsiednich głównie z obszaru antyklinorium środkowopolskiego. Wyniki badań pozwoliły ustalić, ze główne źródło węglowodorów w obrębie jury środkowej stanowią skały ilaste górnego aalenu i dolnego bajosu, genetycznie związane z anoksycznym szelfem, posiadające bardzo wysoką zawartość materii organicznej kerogenu typu III i podrzędnie typu II. TOC skał aalenu waha się od 0,17 do 9,76% (średnio 4,5%). Wynik ten pozwala zaklasyfikować aaleńskie skały ilaste jako wyśmienite skały macierzyste, jednak średnie wyniki S1 i S2 wynoszące odpowiednio 0,42 mgHC/gSkały i 3,24 mgHC/gSkały, klasyfikują je jako skały o średnim bądź słabym potencjale generacyjnym. Wyniki badań prowadzonych przez Kosakowskiego i in. (2015), prowadzonych na obszarze Synklinorium mogileńsko-łódzkiego, w których wzięto pod uwagę dane z (m. in.) otworów Koło IG-3, Koło IG-4, Banachów IG-1, oraz Przybyłów 1, klasyfikują skały jury środkowej jako dobre skały macierzyste o średnim TOC 5,5%, w których zawartość węglowodorów wynosi 4,5 mg HC/g skały, a potencjał węglowodorowy 282 mg HC/TOC. Natomiast w dokumentacji wynikowej (DNUZ) z obejmującej zbliżony do rozpatrywanego obszar koncesji Koło nr 53/2011/p firmy Strzelecki Energia Sp. z o.o. (Obarowski i in., 2015) przedstawiono wyniki przeprowadzonych, w ramach prac na tej koncesji, analiz laboratoryjnych dojrzałości termicznej Ro (refleksyjności witrynitu)/petrologii organicznej oraz analiz RockEval parametrów geochemicznych na próbkach skał macierzystych jury środkowej z trzech otworów zlokalizowanych w południowej części niniejszego obszaru przetargowego (Banachów IG-1, Koło IG-3, Przybyłów 1). Analiza tych wyników (Tab. 3.1) sugeruje, że opróbowane utwory jury środkowej (w tym przypadku bajosu i batonu) występują w przedziale okna ropnego, są one dobrymi skałami macierzystymi jeśli chodzi o uśrednione wartości TOC (rzędu 2% i więcej w poszczególnych otworach), lecz ich potencjał generacyjny nie jest wysoki. Parametry skał macierzystych (Tab. 3.1) wskazują na występowanie w nich materii organicznej typu II i III (względnie II/III). Ponadto analizy materii organicznej w skałach jury środkowej antyklinorium środkowopolskiego przeprowadzono na próbkach skał z szeregu otworów w tym rejonie w ramach wcześniejszych opracowań (Gondek, 1980; Wilczek, 1986). Przewagę morskiej materii organicznej stwierdzono w pojedynczych próbkach z utworów dolnego batonu (Koło IG-3, IG-4) i bajosu górnego (Koło IG-3, Tuszyn 2). Badania wykazały, że bituminy występujące w skałach macierzystych jury środkowej w otworach Koło IG-3, IG-4 oraz Ponętów 1 zawierają dojrzałe węglowodory typu ropy naftowej (CPI = 1,0–1,1).

Parametry skał macierzystych jury środkowej	BANACHÓW IG-1	KOŁO IG-3	PRZYBYŁÓW 1
Ro [%]	0,93	0,74	0,77
TOC [% wag.]	2,68	1,85	2,195
T_{max} [°C]	453	447	439
S1 [mg HC/gSkały]	0,215	0,179	0,105
S2 [mg HC/gSkały]	2,010	1,63	1,41
HI [mg HC/gTOC]	74,5	90,00	63,5
PI	0,095	0,096	0,065
Typ kerogenu*	II	II(II/III)	III

Tab. 3.1. Charakterystyka skał macierzystych jury środkowej w otworach Banachów IG-1, Koło IG-3 i Przybyłów 1 (wartości uśrednione dla skał macierzystych jury środkowej na podstawie Obarowskiego i in., 2015).

Ro – dojrzałość termiczna materii organicznej w skali refleksyjności witrynitu; **TOC** – zawartość węgla organicznego; **Tmax** – maksymalna temperatura piku **S2, S2** – rezydualny potencjał naftowy; **S1** – wydajność ropy i gazu; **PI** – indeks produktywności; **HI** – indeks wodorowy. *za Espitalié i in. (1985)

Stratigraphy / Index	Szczecin–Miechów Synclinorium		Mid-Polish Anticlinorium	
	Lower	Upper	Lower	Upper
TOC [wt.%]	0.13 to 2.1 (84) / 0.39 (15)	0.19 to 4.7 (45) / 1.78 (10)	0.18 to 6.8 (13) / 0.94 (6)	0.25 to 6.6 (59) / 2.6 (9)
T_{max} [°C]	421 to 439 (82) / 429 (15)	420 to 449 (41) / 433 (10)	418 to 432 (11) / 421 (6)	419 to 435 (59) / 428 (9)
S_2 [mg HC/g rock]	0.07 to 5.2 (84) / 0.51 (15)	0.14 to 18.9 (45) / 4.1 (10)	0.05 to 24.8 (13) / 0.94 (6)	0.26 to 25.6 (59) / 4.1 (9)
S_1+S_2 [mg HC/g rock]	0.12 to 5.3 (84) / 0.63 (15)	0.19 to 19.8 (45) / 4.4 (10)	0.09 to 25.4 (13) / 1.05 (6)	0.34 to 26.1 (59) / 4.2 (9)
PI	0.06 to 0.42 (84) / 0.17 (15)	0.02 to 0.26 (45) / 0.06 (10)	0.02 to 0.44 (13) / 0.10 (6)	0.01 to 0.24 (59) / 0.04 (9)
HI [mg HC/g TOC]	54 to 408 (84) / 139 (15)	32 to 458 (45) / 189 (10)	25 to 363 (13) / 94 (6)	58 to 441 (59) / 141 (9)
Kerogen type	III (III/II)	II/III (III, II)	III (III/II)	II/III (III, II)
Maturity	immature/ low-mature	immature/mature	immature/ low-mature	immature/ low-mature
Hydrocarbon potential	poor	fair/good	fair	good

Tab. 3.2. Porównanie dojrzałości materii organicznej w skałach kimerydu dolnego i górnego dla antyklinorium środkowopolskiego i synklinorium szczecińsko-miechowskiego (Więcław, 2016).

TOC – zawartość węgla organicznego, **Tmax** – maksymalna temperatura piku **S2, S2** – rezydualny potencjał naftowy, **S1** – wydajność ropy i gazu, **PI** – indeks produktywności, **HI** – indeks wodorowy; zakres parametrów geochemicznych jest podany w liczniku, a wartość średnia w mianowniku, w nawiasach: liczba próbek (licznik) i liczba opróbowanych otworów (mianownik); typ kerogenu w nawiasach – występowanie podrzędne

W przypadku skał jury górnej utwory węglanowo-ilaste oksfordu i kimerydu zawierają syngenetyczne bituminy, których parametry dojrzałości pozwalają uznać te skały za macierzyste dla generacji ropy naftowej. W utworach kimerydu górnego i portlandu stwierdzono kerogen typu sapropelowego. W pozostałych poziomach potencjalnych skał macierzystych dominuje humusowa materia organiczna (Karnkowski, 1993). Dane z otwo-

ru Poddębice PIG-2 (strop jury górnej: 2414,0 m), położonego na pograniczu niecki łódzkiej i wału kujawskiego uzyskane dla utworów kimerydu górnego i dolnego tytonu (Ro = 0,59–0,63%) wskazują, że utwory te weszły w początkową fazę okna ropnego (Grotek, 2012; Klimuszko, 2012). Ostatnie badania potencjału węglowodorowego utworów kimerydu na obszarze niecki łódzkiej były prowadzone przez Więcława (2016), między innymi na podstawie analiz próbek rdzeni z otworów Koło IG-3, Koło IG-4, Poddębice IG-1, Przybyłów 1 i Trześniew 1. Wynika z nich, że zawartość TOC w skałach dolnego kimerydu waha się 0,13 do 2,1%, w górnym zaś od 0,19 do 4,7%. Najwyższe wartości TOC zarejestrowano w próbkach z otworu Koło IG-4. Resztkowa zawartość węglowodorów (S2), całkowita zawartość węglowodorów (S1+S2) oraz wartości TOC są generalnie dość niskie w skałach dolnego kimerydu (mediana 0,51 i 0,63 mg HC/g skały). W skałach górnego kimerydu wartości są o wiele wyższe i wynoszą średnio 4,1–4,4 mgHC/gSkały (mediana). Najwyższa mediana wartości TOC została zanotowana w strefie Koło-Przybyłów (Więcław, 2016; Tab. 3.2). Korelacja między HI oraz Tmax pozwoliła ustalić, że w skałach dolnego kimerydu dominuje kerogen typu III, natomiast w górnokimerydzkich typu II. Ponadto w dokumentacji rozliczeniowej koncesji Koło nr 53/2011/p firmy Strzelecki Energia Sp. z o.o. (Obarowski i in., 2015) przedstawiono wyniki analiz laboratoryjnych dojrzałości termicznej Ro (refleksyjności witrynitu)/petrologii organicznej oraz analiz RockEval parametrów geochemicznych na próbkach skał macierzystych jury górnej z czterech otworów zlokalizowanych w południowej części niniejszego obszaru przetargowego (Banachów IG-1, Koło IG-3, Ponętów 2, Przybyłów 1). Analiza tych wyników (Tab. 3.3) sugeruje, że opróbowane utwory jury górnej (w tym przypadku kimerydu i tytonu) występują w przedziale okna ropnego, są one raczej dobrymi skałami macierzystymi jeśli chodzi o uśrednione wartości TOC (rzędu 2–3% w poszczególnych otworach), zaś ich potencjał generacyjny jest wyraźnie wyższy niż w przypadku skał macierzystych jury środkowej. Parametry skał macierzystych (Tab. 3.3) wskazują na występowanie w nich materii organicznej typu II i III (względnie II-III). Wcześniejsze analizy materii organicznej w skałach kimerydu antyklinorium środkowopolskiego przeprowadzono (Gondek, 1980; Wilczek, 1986) między innymi na danych z otworów Brześć Kujawski IG-3, Gostynin IG-1, 1A, IG-3 oraz 7, Koło IG-3, Koło IG-4, Ponętów 1, Trzemżal 2 i Żychlin IG-3. W przypadku otworów Koło IG-3, Koło IG-4, Ponętów 1 badania wykazały, że bituminy zawierają dojrzałe węglowodory typu ropy naftowej (CPI = 1,0–1,1). Strefa wyznaczona przez te otwory jest najbardziej pogrążoną strefą w basenie. W miarę oddalania się od tej strefy wskaźnik CPI wzrasta do 1,3–1,4 (m.in. dane z otworu Trzemżal 2), co wskazuje na coraz mniejszy stopień dojrzałości węglowodorów (Gondek, 1980; Wilczek, 1986).

Parametry skał macierzystych jury górnej	**BANACHÓW IG-1**	**KOŁO IG-3**	**PONĘTÓW 2**	**PRZYBYŁÓW 1**
Ro [%]	0,91	0,82	0,79	0,79
TOC [% wag.]	1,96	2,53	3,198	2,44
T_{max} [°C]	436	433	432	433
S1 [mg HC/gSkały]	0,238	0,412	0,768	0,198
S2 [mg HC/gSkały]	3,55	8,146	13,27	5,815
HI [mg HC/gTOC]	154,8	290,9	297,9	237,3
PI	0,075	0,047	0,065	0,033
Typ kerogenu*	III	II	III	II-III

←**Tab. 3.3.** Charakterystyka skał macierzystych jury górnej w otworach Banachów IG-1, Koło IG-3, Ponętów 2 i Przybyłów 1 (wartości uśrednione dla skał macierzystych jury górnej na podstawie Obarowskiego i in., 2015).

Ro – dojrzałość termiczna materii organicznej w skali refleksyjności witrynitu; **TOC** – zawartość węgla organicznego; **Tmax** – maksymalna temperatura piku **S2, S2** – rezydualny potencjał naftowy; **S1** – wydajność ropy i gazu; **PI** – indeks produktywności; **HI** – indeks wodorowy. *za Espitalié i in. (1985)

3.3. SKAŁY ZBIORNIKOWE

Na obszarze przetargowym Koło należy wyróżnić dwa, główne poziomy zbiornikowe: piaskowiec trzcinowy oraz piaskowce jury dolnej i środkowej (Tab. 3.4). Piaskowiec trzcinowy, ze względu na genezę fluwialną, jest horyzontem zmiennym pod względem wykształcenia litologicznego oraz, co za tym idzie, również właściwości zbiornikowych. Horyzont zbiornikowy jury dolnej charakteryzuje się zmiennością cykliczną naprzemianległych piaskowców i skał drobnoklastycznych. Jura środkowa natomiast najlepsze właściwości zbiornikowe na obszarze przetargowym Koło wykazuje w spągowych partiach (aalen, bajos), gdzie dominuje litofacja piaszczysta. Miejscami, potencjał zbiornikowy dla niżej leżących skał macierzystych wykazują wapienie górnojurajskie oraz piaskowce kredowe. We wszystkich wyżej wymienionych wydzieleniach miejscami obserwowano objawy bituminów (Tab. 3.5–3.6).

Piaskowiec trzcinowy (trias górny)
Litologia: piaskowce kwarcowe, drobno- i średnioziarniste przewarstwione mułowcami

Miąższość interwału piaskowca trzcinowego może oscylować w granicach kilkudziesięciu, a nawet przekraczać 100 m z tendencją wzrastającą w kierunku wschodnim oraz północno-zachodnim (Górecki i Hajto, 2006). Strop tego wydzielenia na obszarze przetargowym i w jego najbliższym sąsiedztwie znajduje się na różnych głębokościach, w granicach od 2000 m do 3500 m.

Piaskowiec trzcinowy należy do interwałów słabo opróbowanych, jednak ze względu na korzystne parametry zbiornikowe oraz dobre uszczelnienie przez kompleksy ilasto-ewaporatowe formacji gipsowej dolnej i górnej kajpru, należy uznać go jako formację perspektywiczną pod względem występowania złóż węglowodorów w obrębie synklinorium łódzkiego i wału kujawskiego. Analizy parametrów petrofizycznych wykonane w wyżej wymienionych otworach wskazują, że litofacja piaskowcowa w obrębie piaskowca trzcinowego wykazuje porowatości rzędu kilkunastu, a nawet 20%. Zmienność litologiczna formacji sprawia jednak, że skały te miejscami charakteryzują się bardzo słabymi właściwościami zbiornikowymi (porowatość 0–2%) i niską przepuszczalnością dla skał drobnoklastycznych.

Pułapki w obrębie piaskowca trzcinowego występują najprawdopodobniej w formie pułapek stratygraficznych w formie wyklinowujących się skał piaszczystych facji korytowych w obrębie ilasto-mułowcowych osadów równi zalewowych. Ponadto, przy udziale tektoniki solnej mogło dość do powstania pułapek kombinowanych.

Jura dolna i środkowa
Litologia: piaskowce kwarcowe, drobno- i średnioziarniste

Skały piaszczyste jury dolnej i środkowej są to głównie skały facji korytowej genezy fluwialnej (formacja zagajska, drzewicka i borucicka) oraz przybrzeżnomorskie formacji skłobskiej i ostrowieckiej. Miąższości całkowite jury dolnej są zróżnicowane i wzrastają od 10 do nawet 800 m w kierunku północno-wschodnim (Górecki i Hajto, 2006). Miąższości skał zbiornikowych również wzrastają w kierunku północno-wschodnim, z czego najniższe miąższości obserwowane są w południowo-zachodnim krańcu obszaru przetargowego ~50 m, a największe ~500 m w jego północno- i południowo-wschodnich krańcach. Przeciętnie miąższość skał o dobrych parametrach zbiornikowych wieku jury dolnej waha się od 200 do 350 m. Skały piaszczyste wykazują wysokie porowatości efektywne przekraczające miejscami 24% (Tab. 3.6),

z czego średnie wartości dla skał jury dolnej oscylują w okolicach kilkunastu procent. Przepuszczalności poziome są wyższe od pionowych i wynoszą od kilkuset do 1300 mD. Głównymi czynnikami wpływającymi na parametry zbiornikowe piaskowców jurajskich jest ich skład mineralny oraz wtórne procesy diagenetyczne zachodzące w obrębie formacji. Procesy niszczące porowatość zdecydowanie dominują nad procesami ją podtrzymującymi. Charakteryzuje je silna cementacja krzemionkowa oraz węglanowa (syderyt, ankeryt, dolomit). Ponadto, w skałach występuje kaolinit oraz miejscami również włóknisty illit mogący powodować pogorszenie właściwości filtracyjnych skał. Pomimo intensywnej diagenezy skały piaszczyste jury dolnej charakteryzują się dobrymi własnościami zbiornikowymi.

Miąższości jury środkowej, podobnie jak jury dolnej, rosną w kierunku północno-wschodnim i oscylują od 100 do nawet 400 m (Górecki i Hajto, 2006). Miąższości skał zbiornikowych w ich obrębie osiągają od kilkudziesięciu do ~150 m. Właściwości zbiornikowe w formacjach środkowojurajskich wykazują przede wszystkim piaskowce aalenu i bajosu. Porowatości efektywne tych skał często znacznie przekraczają 20%, a miejscami nawet 30% (31,09% – Wojszyce IG-3). W dużej mierze jest to pierwotna porowatość międzyziarnowa, jednak podrzędnie obserwowana jest również porowatość wtórna, utworzona wskutek rozpuszczania i przeobrażania składników skały. Przepuszczalność piaskowców oscyluje w granicach od 0,0 do 1500 mD.

Jura górna
Litologia: wapienie gąbkowe, ooidowe, margliste, dolomityczne i dolomity

W jurze górnej potencjał zbiornikowy wykazują skały węglanowe oksfordu, w których proces szczelinowania i stylolityzacji mógł prowadzić do powstania porowatości wtórnej. Ponadto, w wapieniach wykształconych w facjach detrytycznych i organogenicznych dominują procesy rozpuszczania, korozji i dolomityzacji. Skały te odznaczają się jednak, mimo często wysokiej porowatości całkowitej, niską przepuszczalnością. Według Góreckiego i Hajto (2006) miąższości skał zbiornikowych jury górnej na obszarze przetargowym Koło wynoszą od 300 m w północnej i południowo-wschodniej części obszaru do 900 m w części centralnej, przy jego wschodniej granicy.

Kreda dolna
Litologia: piaskowce

Osady dolnej kredy w rejonie Kujaw są wykształcone głównie w postaci skał klastycznych, podrzędnie wapieni i skał żelazistych. Skały piaszczyste to przede wszystkim arenity i waki kwarcowe, przeważnie drobnoziarniste. Wielkość ziaren rośnie w górę profilu, gdzie występują piaskowce gruboziarniste i zlepieńcowate. Skały klastyczne kredy często wykazują korzystne właściwości zbiornikowe. Wysokie porowatości osiągające wartości kilkunastu procent oraz przepuszczalności przekraczające 1500 mD (Tab. 3.5) są związane zarówno z procesem rozpuszczania niestabilnych składników szkieletu ziarnowego jak i z procesem kaolinityzacji powodującym powstanie mikroporowatości wtórnej w obrębie ziaren. Procesowi kompakcji mechanicznej zapobiega cementacja kwarcowa i węglanowa powodująca usztywnienie szkieletu ziarnowego skał (Połońska, 2013, w: Maliszewska, 1999). Potencjał zbiornikowy kredy dolnej na obszarze przetargowym Koło potwierdzają objawy gazu zarejestrowane w otworach wiertniczych w obrębie obszaru oraz w jego bliskim sąsiedztwie (Tab. 3.6).

Otwór wiertniczy	Stratygrafia	Głębokość stropu	Miąższość
Brześć Kujawski IG-2	jura górna – oksford	101,00	359,00
	jura środkowa (kelowej)	460,0 (710,0 – bajos)	746,0 (496,0 – aalen + bajos)
	jura dolna	1206,0	>644,0 (synemur – toark górny)
Wartkowice 1	jura górna – tyton	1461,0	698,0 (oksford, kimeryd, tyton)
	jura środkowa	2159,0 (2172,0 – bajos górny)	72,0 (59,0 – bajos górny)
	jura dolna	–	–
	trias	2231,0 (retyk)	>295,6 (karnik, noryk, retyk)
Wartkowice 2	jura górna – tyton	1319,5	630,5 (oksford, kimeryd dolny, tyton)
	jura środkowa	1950,0 (2070,0 – bajos)	325,0 (205,0 – aalen + bajos)
	jura dolna	2275,0	269,0 (pliensbach, toark dolny)
	trias	2544,0 (retyk)	456,0 (karnik, noryk, retyk)
Wartkowice 3	jura górna	1479,0	654,0 (oksford, kimeryd, tyton)
	jura środkowa	2133,0 (2243,5 – bajos)	308,0 (197,5 – aalen + bajos)
	jura dolna	2441,0 (toark górny)	>34,0 (toark górny)
Wojszyce IG-1A	jura górna – oksford	103,5	571,5
	jura środkowa	675,0 (877,0 – bajos górny)	943,0 (741,0 – aalen + bajos)
	jura dolna (toark górny)	1618,0	>146,0 (toark górny)
Aleksandrów Łódzki-1	jura górna	452,0	883,0 (oksford, kimeryd dolny, tyton)
	jura środkowa	1335,0 (1505,5 – bajos górny)	527,0 (356,5 – aalen + bajos)
	jura dolna	1862,0 (toark górny)	>456,4 (pliensbach, toark)
Banachów IG-1	jura górna	2492,0	650,0 (oksford, kimeryd, tyton)
	jura środkowa	3142,0	105,0 (baton, kelowej)
	jura dolna	3247,0 (toark górny)	>156,0 (pliensbach, toark)
Przybyłów 1	jura górna – tyton	1962,0	578,0 (oksford, kimeryd)
	jura środkowa	2540,0 (2660,0 – bajos górny)	160,0 (40,0 – bajos górny)
	jura dolna	2700,0 (pliensbach)	66,5 (pliensbach)
	trias	2766,5 (retyk)	1088,5 (trias środkowy, górny)
Ponętów 1	jura górna	2013,5	661,5 (oksford, kimeryd, tyton)
	jura środkowa	2675,0 (2800,0 – bajos górny)	275,0 (150,0 – aalen + bajos)
	jura dolna	2950,0 (toark górny)	>57,0 (toark górny)

Pagórki IG-1	jura górna	1295,0	>267,1
Koło IG-3	jura górna	2008,0	692,0 (oksford, kimeryd, tyton)
	jura środkowa	2700,0 (2822,5 – bajos górny)	285,5 (163,0 – aalen + bajos)
	jura dolna	2988,5	>167,7 (toark)

Tab. 3.4. Głębokości stropów perspektywicznych formacji jurajskich i triasowych oraz ich miąższości na obszarze przetargowym Koło i w jego sąsiedztwie.

Otwór wiertniczy	Ilość analiz	Stratygrafia	Głębokość [m]	Porowatość całkowita [%] Min.–Max. (średnia)	Porowatość efektywna [%] Min.–Max. (średnia)	Przepuszczalność [mD] Min.–Max. (średnia) x, y – oś pomiarów
Brześć Kujawski IG–2	5	jura górna	200,1–354,2	6,9–19,0 (11,12)	6,8–18,83 (10,8)	0,1 – 0,56 (0,2) x 0,1 – 0,85 (0,34) y
	113/57	jura środkowa	489,1–1200,4	0,35–26,5 (8,4)	0,3–24,08 (7,9)	0,1 – 600 (18,6) x 0,1 – 470 (13,7) y
	39/37	jura dolna	1206,2–1846,2	2,31–28,2 (15,6)	1,83–24,6 (13,9)	0,1 – 1300 (285,5) x 0,1 – 1300 (259,4) y
Aleksandrów Łódzki–1	6	jura górna	720,0–112,5	0,3–5,7 (3,7)	b.d.	b.d.
	11/8	jura środkowa	1341,7–1816,2	2,58–21,11 (13,25)	b.d.	0,0 – 1537,0 (363,4) x
	7/2	jura dolna	1926,8–2277,7	2,72–17,15 (13,1)	b.d.	142,8 – 174,5 x
Wartkowice 2	22/13	jura górna	1538,5–1940,2	0,16–25,27 (9,0)	b.d.	0,0 – 10,0 (2,0)
	25/15	jura środkowa	1981,0–2268,5	0,16–14,84 (9,6)	b.d.	0,0 – 55,2 (8,3)
	5/2	jura dolna	2302,7–2454,8	0,17–14,97 (9,0)	b.d.	0,0 – 7,0
Wojszyce IG–1A	27/22/26 132/75/78	jura górna jura środkowa	504,1–671,3 694,2–1673,9	1,08–11,68 (4,4) 1,11–30,22 (13,5)	0,15–9,42 (2,77) 0,37–28,2 (8,4)	0,2 – 150 (9,4) x 0,2 – 26,5 (1,29) y 0,2 – 546,0 (92,4) x 0,2 – 510 (86,8) y
	12	jura dolna	1706,0–1763,7	10,3–20,3 (15,8)	8,07–18,19 (13,5)	0,62 – 880 (226,9) x 0,49 – 540 (147,4) y
Banachów IG–1	7	kreda dolna	2181,5–2435,0	7,48–15,75 (13,07)		112–1010 (462)
	11	jura dolna	3247,0–3403,0	3,09–4,42 (3,66)		0,1–69 (11,8)
Przybyłów 1	11	kreda	1668,0–1856,0	0,95–19,29 (15,44)		3020–0 (932,565)
	28	jura	1892,0–2588,0	0,42–9,22 (1,657)		0 (0)
	3	trias	3405,0–3718,05	0,93–5 (2,32)		0 (0)
Ponętów 1	9	kreda dolna	1723,0–1720,0	4,81–16,02		406,7–1583,8
	12	jura górna	1970,7–2668,6	0,41–4,17		0
	4	jura środkowa	2701,3–851,5	4,53–9,47		0–3,2
	11	jura dolna	2914,3–3005,4	1,63–5,45		0

Tab. 3.5. Wyniki pomiarów porowatości i przepuszczalności w piaskowcach i wapieniach mezozoiku na podstawie danych otworowych.

Otwór wiertniczy	Stratygrafia	Objawy węglowodorów
Przybyłów 1	jura górna	śladowe wycieki ropy ze spękań w wapieni, wyraźny zapach bitumiczny
Ponętów 1	kreda dolna	zgazowanie płuczki
Koło IG-3	jura górna (oksford)	zapach bitumiczny
Banachów IG-1	jura górna (tyton)	zgazowanie płuczki

Tab. 3.6. Objawy węglowodorów w rdzeniach na podstawie dokumentacji wynikowej w otworach Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989), Ponętów 1 (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973), Koło IG-3 (Ryll i Juszczak, 1970), Banachów IG-1 (Feldman i Marek, 1988).

3.4. SKAŁY USZCZELNIAJĄCE

W obrębie oraz w sąsiedztwie obszaru przetargowego można wyróżnić kilka interwałów uszczelniających. Potencjalny system naftowy znajdujący się w obrębie lub poniżej sekwencji ewaporatowych cechszynu jest uszczelniony przez nieprzepuszczalne sole i anhydryty o zmiennej miąższości. Horyzonty porowate w obrębie skał mezozoicznych mogą być uszczelnione zarówno przez skały ilasto-ewaporatowe triasu (seria gipsowa dolna i górna) jak również przez skały ilaste jury dolnej i środkowej. W jurze dolnej w rejonie obszaru przetargowego podstawowe uszczelnienie stanowi iłowcowa formacja ciechocińska wraz z przystropowym odcinkiem formacji drzewickiej, o miąższości rzędu 50–140 m. Osiągająca miąższość rzędu 30–80 m ilasta formacja zagajska może być traktowana jako uszczelnienie wspomagające, podobnie jak lokalnie występująca formacja gielniowska. W przypadku jury środkowej główny poziom uszczelniający w tym rejonie mogą stanowić nieprzepuszczalne (przepuszczalność <0,01 mD) czarne łupki ilaste wieku aalen górny – bajos dolny (część dolna) o miąższość rzędu 30–100 m. Stosunkowo słaby kompleks uszczelniający obejmuje łupki ilaste dolnego batonu o miąższości rzędu 60 m (przepuszczalność rzędu 1 mD). Natomiast niskoprzepuszczalne (przepuszczalność rzędu 0,1–0,2 mD) łupki ilaste bajosu górnego (lokalnie też batonu, rzadziej najniższego keloweju) o miąższości rzędu 60–200 m mogą być tu kolejnym uszczelnieniem podstawowym/równorzędnym lub wspomagającym (Wójcicki i in., 2013). W obrębie skał kredowych właściwości uszczelniające posiadają skały mułowcowo-ewaporatowe kredy dolnej, a ponadto jako uszczelnienie dla podstawowej formacji zbiornikowej dolnej kredy (formacji mogileńskiej) może być rozpatrywany kompleks utworów kredy górnej obejmujący skały węglanowo-krzemionkowe (w tym opoki zwięzłe, margliste i ilaste), margliste i węglanowo-margliste, o miąższości przekraczającej 1000 m, przy czym niewielka część profilu tego kompleksu może obejmować utwory nieprzepuszczalne dla migracji płynów złożowych (Wójcicki i in., 2013).

3.5. SYSTEM NIEKONWENCJONALNY

System niekonwencjonalny na obszarze przetargowym Koło może obejmować skały macierzyste dla systemu konwencjonalnego. Nie będą tu rozpatrywane karbońskie skały macierzyste, ponieważ o ich rozprzestrzenieniu i parametrach nie wiemy zbyt wiele, zaś głębokość ich występowania raczej wykluczałaby ekonomicznie opłacalną produkcję gazu z łupków górnego karbonu.

Perspektywiczny system niekonwencjonalny mogą stanowić łupki jury środkowej i górnej, będące skałą macierzystą (obok, w zależności od sytuacji geologicznej, łupków karbonu górnego) dla konwencjonalnego systemu skał mezozoicznych, w szczególności formacji zbiornikowych jury dolnej i środkowej. W rozdziale dotyczącym skał macierzystych

(3.2) scharakteryzowano utwory jury środkowej i górnej: czarne łupki aalenu/bajosu i batonu (jura środkowa) oraz utwory iłowcowo-margliste kimerydu i tytonu (jura górna).

Łupki jury środkowej (aalen/bajos, baton) i górnej (kimeryd, tyton)
Litologia: czarne łupki ilaste/mułowcowe oraz utwory ilasto-węglanowo-margiste

Występowanie akumulacji niekonwencjonalnych ropy naftowej i gazu w utworach jury środkowej (czarne łupki aalenu/bajosu i batonu) oraz górnej (utwory kimerydu i tytonu) postuluje się na podstawie szeregu opracowań – publikacji i dokumentacji (Gondek, 1980; Wilczek, 1986; Karnkowski, 1993; Grotek, 2012; Klimuszko, 2012; Obarowski i in., 2015; Więcław, 2016; Zakrzewski i in., 2022). Zawierają one wyniki analiz dojrzałości termicznej Ro (refleksyjności witrynitu)/petrologii organicznej), a także geochemiczne – wykonane z wykorzystanie aparatury RockEval oraz inne. Wyniki analiz dojrzałości termicznej Ro odpowiadają przeważnie występowaniu okna ropnego ($0,6<R_o<1,1\%$), rzadziej odznaczają się niższą dojrzałością ($0,6>R_o$), zasadniczo wykluczającą występowanie niekonwencjonalnych akumulacji węglowodorów.

Najnowsze wyniki pomiarów najistotniejszego w naszym przypadku parametru geochemicznego z analiz RockEval – zawartości węgla organicznego TOC, wskazują jako perspektywiczne dla występowania w południowej części obszaru przetargowego Koło (otwory Banachów IG-1, Koło IG-3, Koło IG-4, Poddębice IG-1, Poddębice PIG 2, Ponętów 2, Przybyłów 1) niekonwencjonalnych akumulacji węglowodorów (TOC>2% wag.) utwory górnego bajosu, batonu, kimerydu i tytonu. Generalnie skały macierzyste jury górnej charakteryzują się nieco wyższą zawartością materii organicznej niż utwory jury środkowej. Tendencja ta jest jeszcze bardziej wyraźna w przypadku takich parametrów jak resztkowa zawartość węglowodorów (S2) i całkowita zawartość węglowodorów (S1+S2). Zdecydowanie korzystniejsze wartości tych parametrów obserwuje się dla utworów jury górnej, a z tego najkorzystniejsze dla utworów kimerydu górnego (i ewentualnie tytonu). Dla północnej części obszaru przetargowego Koło występuje niewystarczająca ilość danych do szczegółowych analiz. Dostępne archiwalne dane z otworów położonych w jego sąsiedztwie od północnego zachodu Młyny 1 (Kicman i Beroński, 1970) i Strzelno IG-1 (Raczyńska, 1973), są nie do końca porównywalne z nowymi danymi, scharakteryzowanymi powyżej. W przypadku otworu Strzelno 1 dostępne są wartości parametru dojrzałości termicznej Ro (refleksyjności witrynitu) dla próbek z dolnej kredy, która nie jest w naszym przypadku rozpatrywana. Wartości te są zbyt niskie dla występowania okna ropnego, jednak w utworach środkowej jury wartości tego parametru mogą mieścić się w zakresie wartości generacji węglowodorów płynnych. Dla tego otworu dostępne są ponadto wyniki analiz geochemicznych prawdopodobnie niekompatybilnych z analizami RockEval dla utworów od dolnej kredy do środkowej jury (o relatywnie wysokich, lecz bardzo zmiennych wartościach dla iłowców i mułowców). Dla skał mezozoicznych z otworu Młyny 2 dostępne są jedynie zawartości bituminów. Stąd nie można wykluczyć występowania perspektywicznych niekonwencjonalnych akumulacji ropy w utworach środkowej jury w północnej części obszaru przetargowego.

W przypadku utworów jury górnej (górny kimeryd, tyton) charakterystyczne jest występowanie kerogenu sapropelowego, typu II (morska materia organiczna), za wyjątkiem kimerydu dolnego gdzie przeważa kerogen typu III (II/III, II-III?) (Więcław, 2016). Natomiast w łupkach jury środkowej przeważa kerogen humusowy, zapewne typu III (II/III, II-III?), pochodzenia morsko-lądowego.

Możliwe analogi dla systemu niekonwencjonalnego – przykłady z innych krajów Europy

W ramach projektu unijnego EUOGA (EU Unconventional Oil and Gas Assessment), realizowanego w latach 2015-2016 przez europejskie służby geologiczne i koordynowanego przez GEUS (duńska służba geologiczna) sporządzono szereg raportów poświęconych ocenie potencjału występowania gazu ziemnego i ropy naftowej w formacjach łupkowych w Europie (Anthonsen i in., 2016;

Schovsbo i in., 2017; Zijp i in., 2017). Zinwentaryzowano tam niekonwencjonalne systemy naftowe na obszarze 26 krajów Europy, o wieku od kambru po paleogen (eocen, oligocen), a nawet neogen (miocen).

Z naszego punktu widzenia interesująca byłaby analiza niekonwencjonalnych systemów naftowych w szczególności w utworach jury, a także triasu. W przypadku formacji triasowych scharakteryzowano łupki środkowego triasu (ladynu) i górnego triasu (noryk) w basenie lombardzkim w północnych Włoszech (typ kerogenu II-III), węglany wieku górnotriasowo-dolnojurajskiego w basenie Emma we Włoszech (I, II sapropelowy) oraz margle Koessen wieku górnotriasowego (noryk/retyk) w basenie Zala w zachodnich Węgrzech (II sapropelowy). Stwierdzono tam przeważnie perspektywy dla występowania węglowodorów ciekłych. Stwierdzono też perspektywy dla występowania gazu w formacjach łupkowych dolnej jury na w krajach północno-zachodniej Europy w dolnotoarckich łupkach bitumicznych Posidonia (w szczególności Niemcy, Holandia oraz Francja – tam nazywane Schistes Carton) oraz węglowodorów ciekłych w łupkach środkowego i górnego liasu w obrębie basenu naftowego Weald w południowej części Anglii, a także w Rumunii oraz Bułgarii, Włoszech, Francji (inne niż ww. łupki dolnotoarckie), Hiszpanii i Portugalii. W przypadku środkowej i górnej jury można podać tu formacje Oxford Clay (kelowej/oksford), Corallian Clay (górny oksford) i Kimmeridge Clay (kimeryd) w obrębie basenu naftowego Weald w południowej części Anglii, a także Etropole (górny aalen-dolny bajos) w Bułgarii (oraz być może jej odpowiednik w znajdującej się na obszarze Rumunii części basenu naftowego platformy mezyjskiej), Lemeš (kimeryd-tyton) w Chorwacji, Mikulov Marl (malm) i Mikulov (oksford) w na pograniczu Czech i Austrii, jak również ciemne węglany i mułowce w basenie lombardzkim we Włoszech.

Wspomniane wyżej niekonwencjonalne systemy naftowe w utworach jury, które mogą obejmować zarówno skały macierzyste dla konwencjonalnych złóż węglowodorów jak i niekonwencjonalne skały zbiornikowe, charakteryzują się występowaniem niemal wszystkich typów kerogenu (I, I-II, II – najczęściej, II-III i II/III oraz III). Nie do końca można je porównywać z formacjami środkowej i górnej jury rozpatrywanymi dla niniejszego obszaru przetargowego, gdyż formacje o podobnym wieku z innych krajów Europy nie powstały w analogicznym środowisku sedymentacji i nie charakteryzują się takim samym typem kerogenu oraz stopniem dojrzałości jak w naszym przypadku. Dla przykładu, w stosunkowo dobrze rozpoznanym basenie Weald w południowej części Anglii, który mógłby stanowić w pewnym stopniu (ale raczej ograniczonym) hipotetyczny analog dla naszego obszaru, występują utwory Oxford Clay (kelowej/oksford) charakteryzujące się typem II kerogenu w dolnej części formacji i typem III w górnej, łupki Corallian Clay (górny oksford) – typem I oraz II i III, zaś łupki Kimmeridge Clay (kimeryd) – typem II w centrum basenu, ponadto III, II-III i I (Andrews, 2013). Przy południowo-zachodnim skraju basenu występują eksploatowane od dziesięcioleci złoża ropy naftowej (i gazu ziemnego towarzyszącego ropie) w utworach mezozoiku (np. Wytch Farm Oil Field, Kimmeridge Oil Field). Natomiast niekonwencjonalny system naftowy w utworach jury w basenie Weald obejmuje najprawdopodobniej akumulacje „*tight oil*" czyli akumulacje ropy naftowej i gazu towarzyszącego ropie w utworach o niskiej przepuszczalności, w łupkach, skałach węglanowych i piaskowcach tight, a więc w zasadzie należałoby tu mówić o systemie hybrydowym.

3.6. GENERACJA, MIGRACJA, AKUMULACJA I PUŁAPKI WĘGLOWODORÓW

Do tej pory na obszarze przetargowym Koło nie odkryto konwencjonalnych ani niekonwencjonalnych złóż węglowodorów. Zróżnicowanie budowy geologicznej w obrębie synklinorium szczecińsko-łódzko-miechowskiego oraz antyklinorium środkowopolskiego (Fig. 3.2) daje jednak możliwości odkrycia nowych złóż o odmiennej naturze i strukturze niż te, które zostały dotychczas rozpoznane na obszarze Polski. Ilaste utwory jury środkowej i górnej oraz prawdopodobnie występujące w podłożu bogate w substancję organiczną formacje cechsztyńskie oraz podcechsztyńskie skały paleozoiczne mogą pełnić rolę potencjalnych skał macierzystych wobec porowatych piaskowców i wapieni mezozoiku (triasu, jury i kredy) w systemie konwencjonalnym. Łupki jurajskie natomiast pełnią jednocześnie rolę zarówno skał macierzystych jak i zbiornikowych w niekonwencjonalnym systemie naftowym typu *shale*.

Wiek i mechanizm generacji oraz ekspulsji węglowodorów w skałach macierzystych*:* przeprowadzone na obszarze synklinorium łódzkiego badania dojrzałości jurajskiej materii organicznej oraz modelowania historii termicznej przeprowadzone przez Kosakowskiego i in. (2015) pozwalają sądzić, iż wzrost dojrzałości materii organicznej ze skał jurajskich zachodził w dwóch fazach. Pierwsza miała miejsce w czasie depozycji jury górnej, natomiast druga w górnej kredzie (Fig. 3.3). Zarówno skały środkowej jak i górnej jury osiągnęły okno ropne, a ich maksymalna dojrzałość wynosi odpowiednio 0,95% i 0,70% Ro (Kosakowski i in., 2015) oraz 0,71% i 0,77% Ro (Karnkowski 1993; Fig. 3.3). Ustalono, że skały dolno- i środkowojurajskie weszły we wczesną fazę generacji w kredzie na głębokości 2500 m i w temperaturze 80°C. Szczyt generacji osiągnęły natomiast na przełomie późnej kredy i paleogenu. Fazę generacji zakończyła regionalna inwersja basenu.

Charakterystyka pułapek w mezozoiku: aktualny stan rozpoznania geologicznego obszaru Koło nie pozwala na dokładną charakterystykę potencjalnych pułapek dla węglowodorów. Jednakże, stosując analogię do rejonów, w których odkryto złoża węglowodorów w formacjach mezozoicznych Europy Zachodniej (basenu południowopermskiego, którego wschodnia część stanowi basen polski; Doornenbal i Stevenson, 2010; Kilhams i in., 2018) należy stwierdzić, iż najprawdopodobniej są to pułapki typu strukturalnego oraz kombinowane – strukturalno-stratygraficzne. Możliwe jest również istnienie pułapek stratygraficznych w formie bioherm w obrębie wapieni oksfordu oraz wypełnień koryt we fluwialnych utworach piaskowca trzcinowego. Możliwe pułapki na obszarze Koło są najprawdopodobniej ściśle związane z intensywną tektoniką solną i mogą mieć rozmaitą formę, od antyklinalnych struktur związanych z istnieniem poduszek solnych przez struktury wywołane inwersją powyżej wyniesień podcechsztyńskich, aż po kombinowane pułapki przywysadowe (Fig. 3.4).

Możliwe analogi systemu konwencjonalnego – przykłady z innych krajów Europy: analogicznych przykładów złóż węglowodorów należy szukać między innymi w basenie północnoniemieckim (Doornenbal i Stevenson, 2010; Kilhams i in., 2018), i to zarówno w jego części wschodniej, będącej przedłużeniem basenu polskiego jak i w zachodniej (Fig. 3.5). Przykładem złoża, którego analogów możemy się spodziewać w obrębie obszaru przetargowego Koło jest Rehden, odkryte w północno-zachodnich Niemczech. Aktualna struktura złoża, podobnie jak antyklinorium środkowopolskiego, została uformowana podczas późnokredowej inwersji, która była przyczyną deformacji w obrębie osadów permsko-mezozoicznych oraz starszych, które obejmowały zarówno zuskokowanie skał, jak i plastyczne ruchy soli cechsztyńskich. W obrębie złoża występują trzy horyzonty perspektywiczne: górnokarbońskie piaskowce, cechsztyński (dolomit główny Ca2), oraz dolnotriasowe piaskowce (pstry piaskowiec). Na obszarze niecki łódzkiej oraz wału kujawskiego możliwe jest występowanie analogicznych systemów naftowych z dodatkowym uwzględnieniem jurajskich, górnotriasowych oraz kredowych skał zbiorniko-

wych. Przykładem złoża, w którym największy potencjał zbiornikowy posiadają klastyczne skały mezozoiczne jest Wytch Farm w hrabstwie Dorset w Anglii. Podstawowymi horyzontami zbiornikowymi są tam piaskowce triasowe facji pstrego piaskowca (Sherwood Sandstone) oraz jury dolnej (Bridport Sands). Podstawową skałą macierzystą natomiast, są jurajskie łupki formacji Oxford Clay i Kimmeridge Clay. Migracja węglowodorów z utworów młodszych do starszych nastąpiła wzdłuż uskoków i powierzchni najmłodszego nasunięcia związanego z fazą kompresyjną orogenezy alpejskiej. Łupki górnojurajskie stanowią podstawową skałę macierzystą dla wielu złóż europejskiego basenu południowo-permskiego (Doornenbal i Stevenson, 2010; Kilhams i in., 2018; Fig. 3.6–3.7).

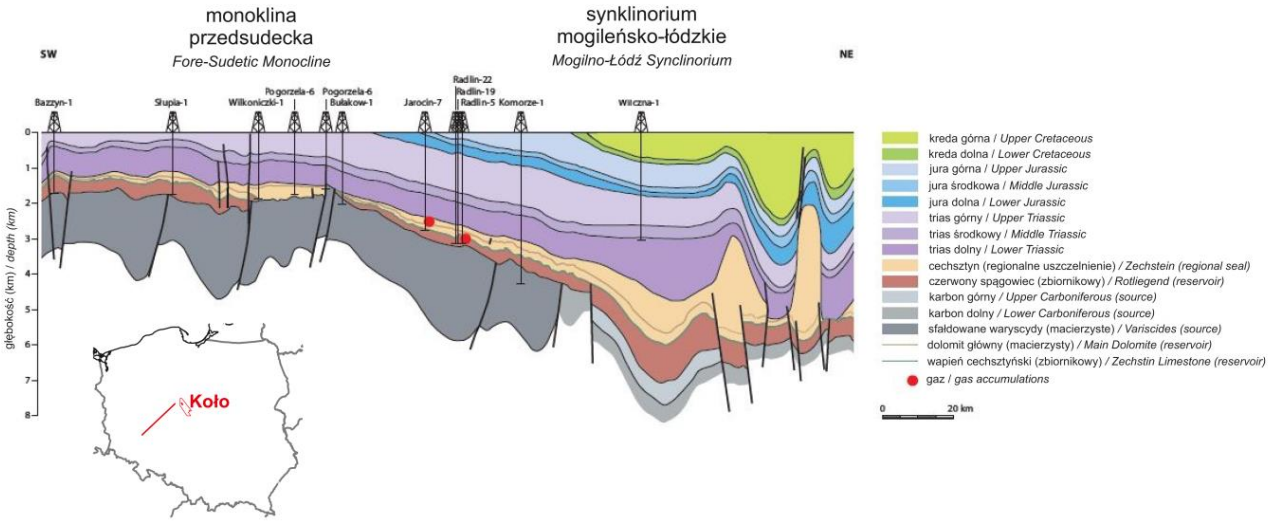


Fig. 3.2. Przekrój przez monoklinę przedsudecką, synklinorium szczecińsko-łódzko-miechowskie i antyklinorium środkowopolskie (Pletsch i in., 2010).

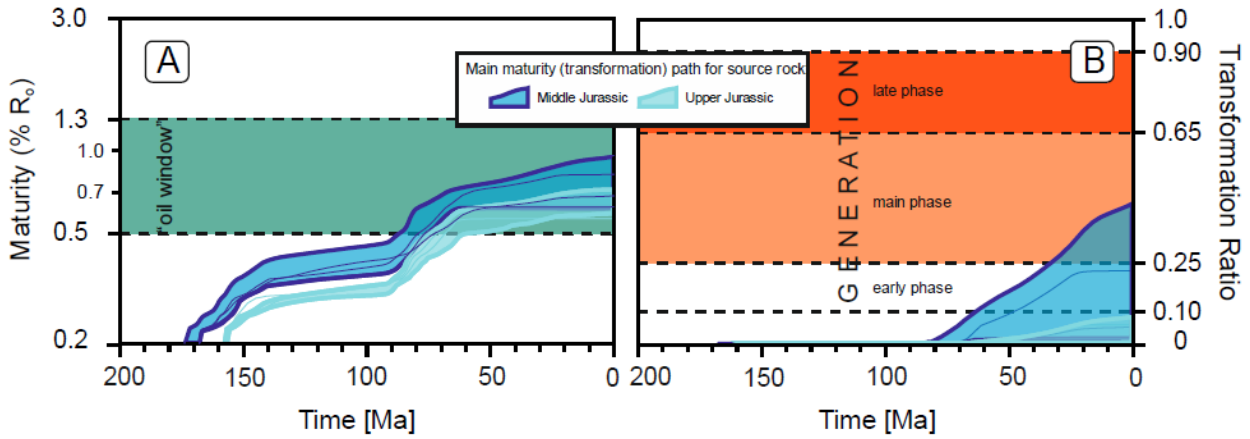


Fig. 3.3. Krzywe dojrzałości termicznej skał macierzystych oraz współczynnika transformacji kerogenu dla obszaru synklinorium łódzkiego (Kosakowski i in., 2015).

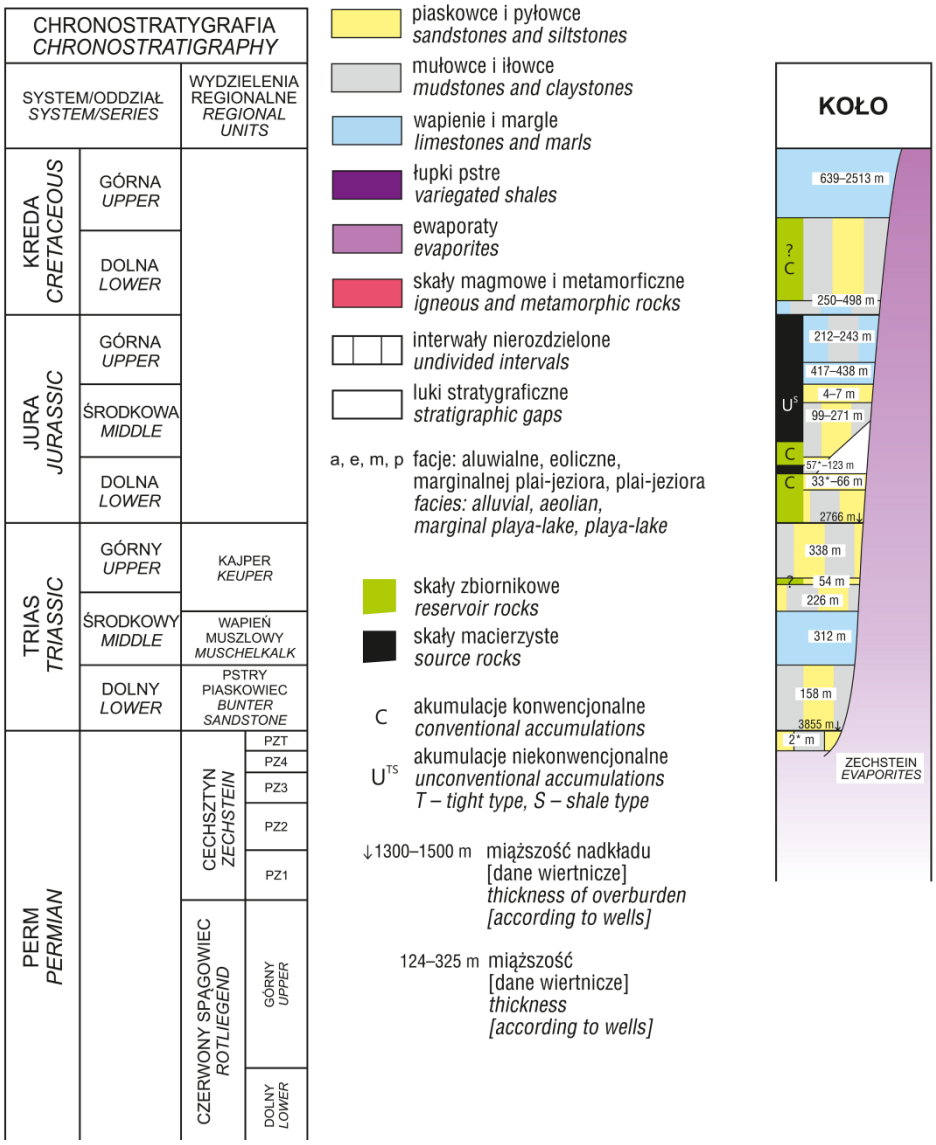


Fig. 3.4. Schemat generacji, migracji i akumulacji węglowodorów w odniesieniu do prowincji naftowych (wg Karnkowskiego, 1993; zmodyfikowane). Powyższy schemat pokazuje system węglowodorowy jury i kredy oraz możliwość migracji i akumulacji węglowodorów w różnego typu poziomach skał zbiornikowych na obszarze niecki łódzkiej.

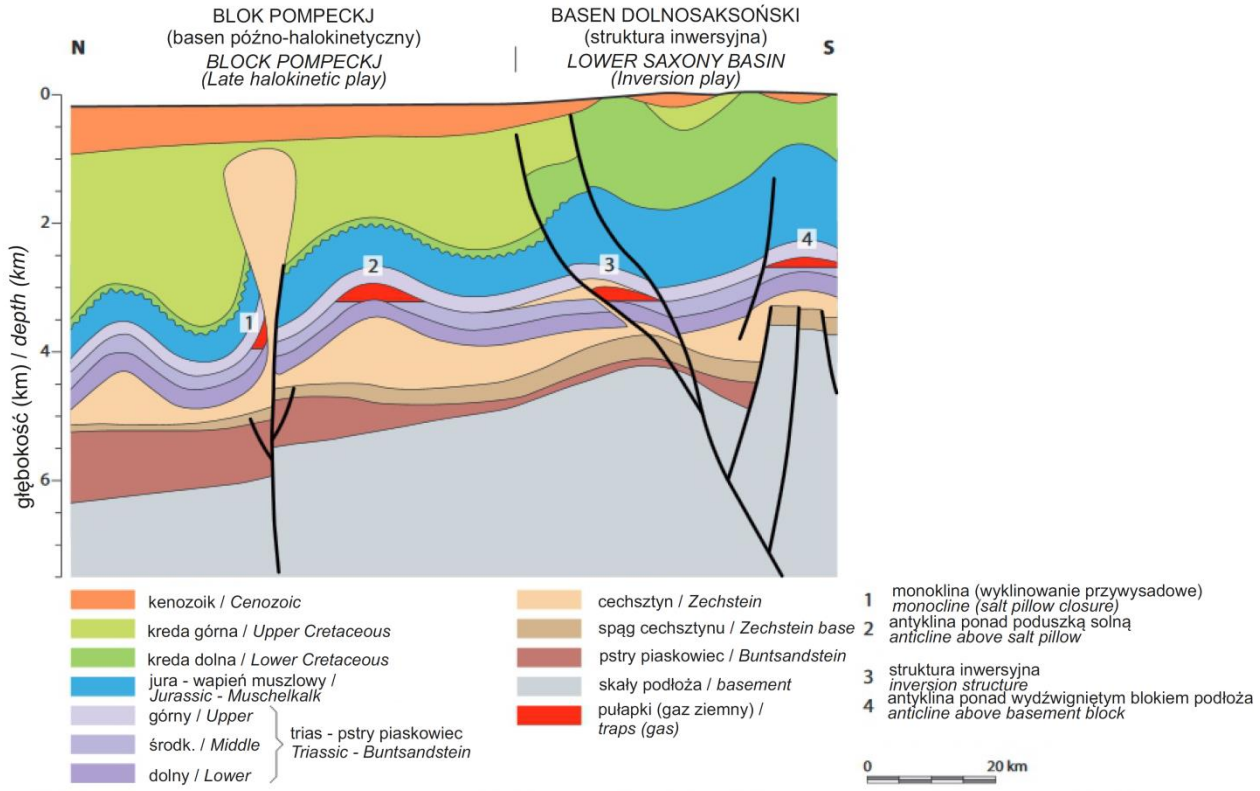


Fig. 3.5. Schematyczny przekrój przedstawiający możliwe pułapki strukturalne w skałach triasowych w północno-zachodnich Niemczech (Karnin i in., 2006; Doornenbal i Stevenson, 2010).

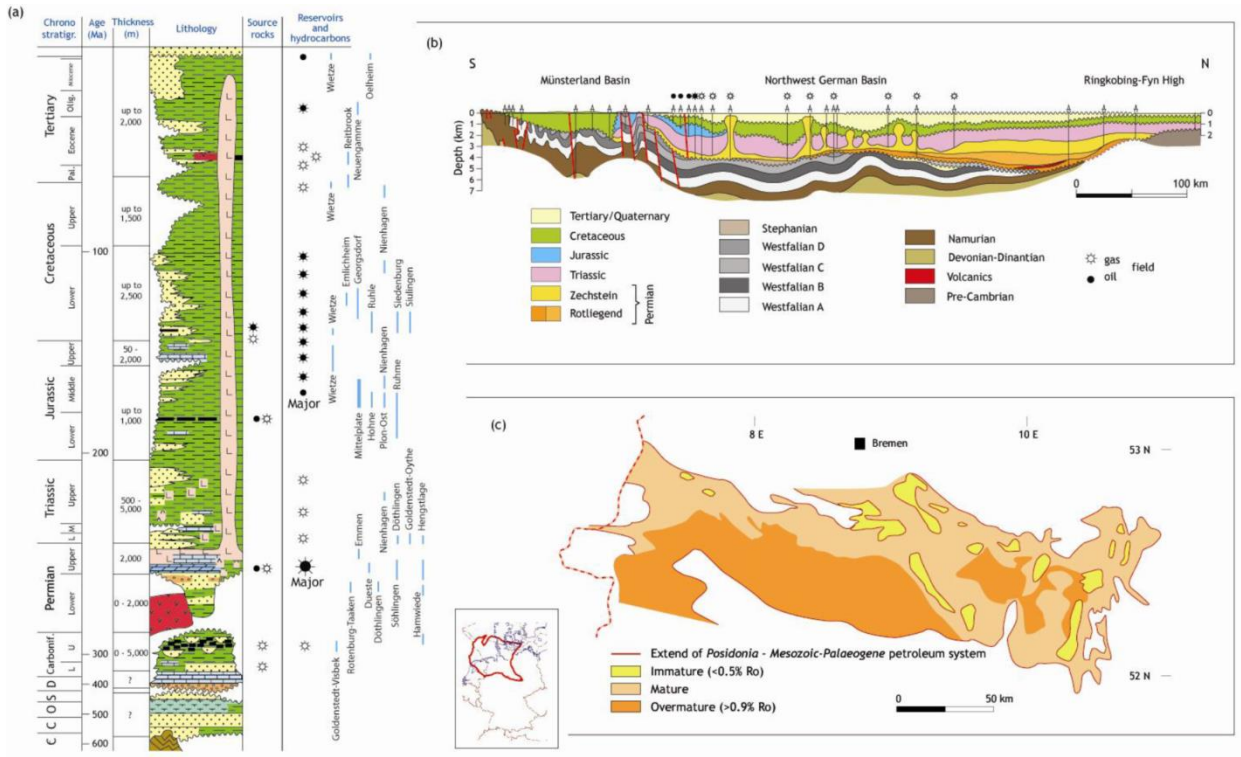


Fig. 3.6. Formacje perspektywiczne dla występowania złóż węglowodorów i pułapki w mezozoiku na obszarze basenu dolnosaksońskiego (Gawenda, 2012).

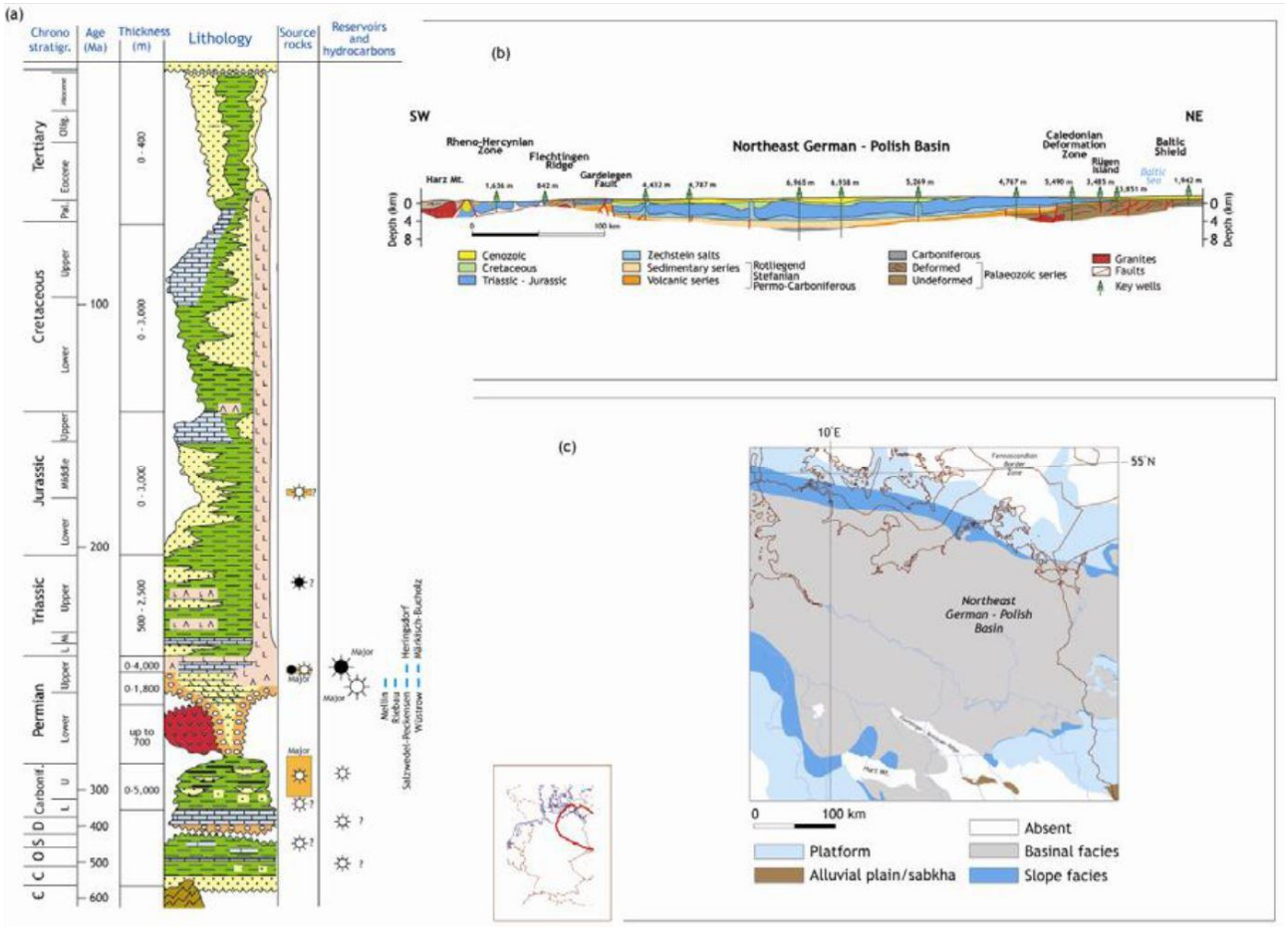


Fig. 3.7. Formacje perspektywiczne dla występowania złóż węglowodorów i pułapki w mezozoiku na obszarze basenu północnoniemieckiego (Gawenda, 2012).

4. CHARAKTERYSTYKA ZŁÓŻ WĘGLOWODORÓW

Na obszarze przetargowym Koło oraz w jego bliskim sąsiedztwie nie udokumentowano jak dotąd konwencjonalnych i niekonwencjonalnych złóż węglowodorów.

5. OTWORY WIERTNICZE
5.1. INFORMACJE OGÓLNE

Na obszarze przetargowym Koło znajdują się następujące otwory wiertnicze o głębokości >500 m MD osiągające interwały perspektywiczne:

Nazwa otworu	Rok wykonania	Koncesje geologiczne (dla otworów wykonanych po 1994 r.)	Właściciel informacji geologicznej	Głębokość [m]	Stratygrafia na dnie
Augustynowo 1	1955		Skarb Państwa	630,0	perm
Banachów IG-1	1986		Skarb Państwa	3403,0	jura dolna
Bierzwienna K-31	1953		Skarb Państwa	1020,4	perm
Bolesław-1	2017	Koło 3/2016/p	Skarb Państwa	1550,0	kreda górna
Długie K-68	1958		Skarb Państwa	627,0	jura
Gopło GEO9	1957		Skarb Państwa	751,5	kreda
Gopło GEO10	1957		Skarb Państwa	507,1	kreda
Izbica 2	1955		Skarb Państwa	1200,0	perm
Izbica Kujawska K-37	1955		Skarb Państwa	1212,3	perm
Izbica Kujawska K-67	1959		Skarb Państwa	521,0	perm
Izbica Kujawska K-70	1958		Skarb Państwa	590,5	perm
Kłodawa 66	1959		Skarb Państwa	500,7	jura
Kłodawa 71	1958		Skarb Państwa	510,0	perm
Kocewia-A	1959		Skarb Państwa	542,7	jura
Koło GT-1	2018	*	Skarb Państwa	3905,0	trias górny
Koło IG-3	1968		Skarb Państwa	3905,0	jura dolna
Marcjanowo K-33	1953		Skarb Państwa	1002,7	perm
Pagórki IG-1	1957		Skarb Państwa	1562,1	jura górna
Podtymień K-69	1958		Skarb Państwa	600,1	perm
Ponętów 1	1973		Skarb Państwa	3007,0	jura dolna
Ponętów 2	1992		ORLEN S.A.	2937,0	jura dolna
Przybyłów 1	1988		Skarb Państwa	3857,0	perm
Wrząca IGH-1	1980		Skarb Państwa	2934,8	kreda

*Podstawą wykonania otworu była decyzja Marszałka Województwa Wielkopolskiego z dnia 10.11.2016 r. zatwierdzająca Projekt robót geologicznych na wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego Koło GT-1 w celu ujęcia wód termalnych w miejscowości Chojny, gmina Koło, powiat kolski, województwo wielkopolskie oraz Decyzja Marszałka Województwa Wielkopolskiego z dnia 19.09.2017 r. zatwierdzająca Dodatek nr 1 do projektu robót geologicznych na wykonanie otworu poszukiwawczo-rozpoznawczego Koło GT-1 w celu ujęcia wód termalnych w miejscowości Chojny, gmina Koło, powiat kolski, województwo wielkopolskie.

W następnych podrozdziałach przedstawiono ich ogólną charakterystykę. Ponadto, w bliskim sąsiedztwie obszaru znajdują się otwory: Aleksandrów Łódzki 1, Brześć Kujawski IG-2, Byczyna 1, Kaszewy 1, Kłokoczyn-1, Malanów 1, Rdutów 2, Siedlec-1, Trześniew 1, Wartkowice 1, Wartkowice 2, Wartkowice-3, Wojszyce IG-1A, Wojszyce IG-3 i Wojszyce IG-4, które warto uwzględnić w analizie budowy geologicznej obszaru i funkcjonowania systemów naftowych.

Lokalizację wymienionych otworów można znaleźć na Fig. 5.1. Przykładowy profil otworu reperowego Banachów IG-1 zilustrowano na Fig. 5.2.

Informacje źródłowe niniejszego rozdziału – dane geologiczne będące własnością Skarbu Państwa, które są niezbędne dla prawidłowej analizy perspektywiczności naftowej obszaru Koło, zostały zebrane i wycenione w osobnym miejscu – „Projekcie cyfrowych danych geologicznych". Będzie on dostępny do wglądu w ramach „DATA ROOMu" w Czytelni NAG w trakcie trwania szóstej rundy przetargów na koncesje węglowodorowe w Polsce.

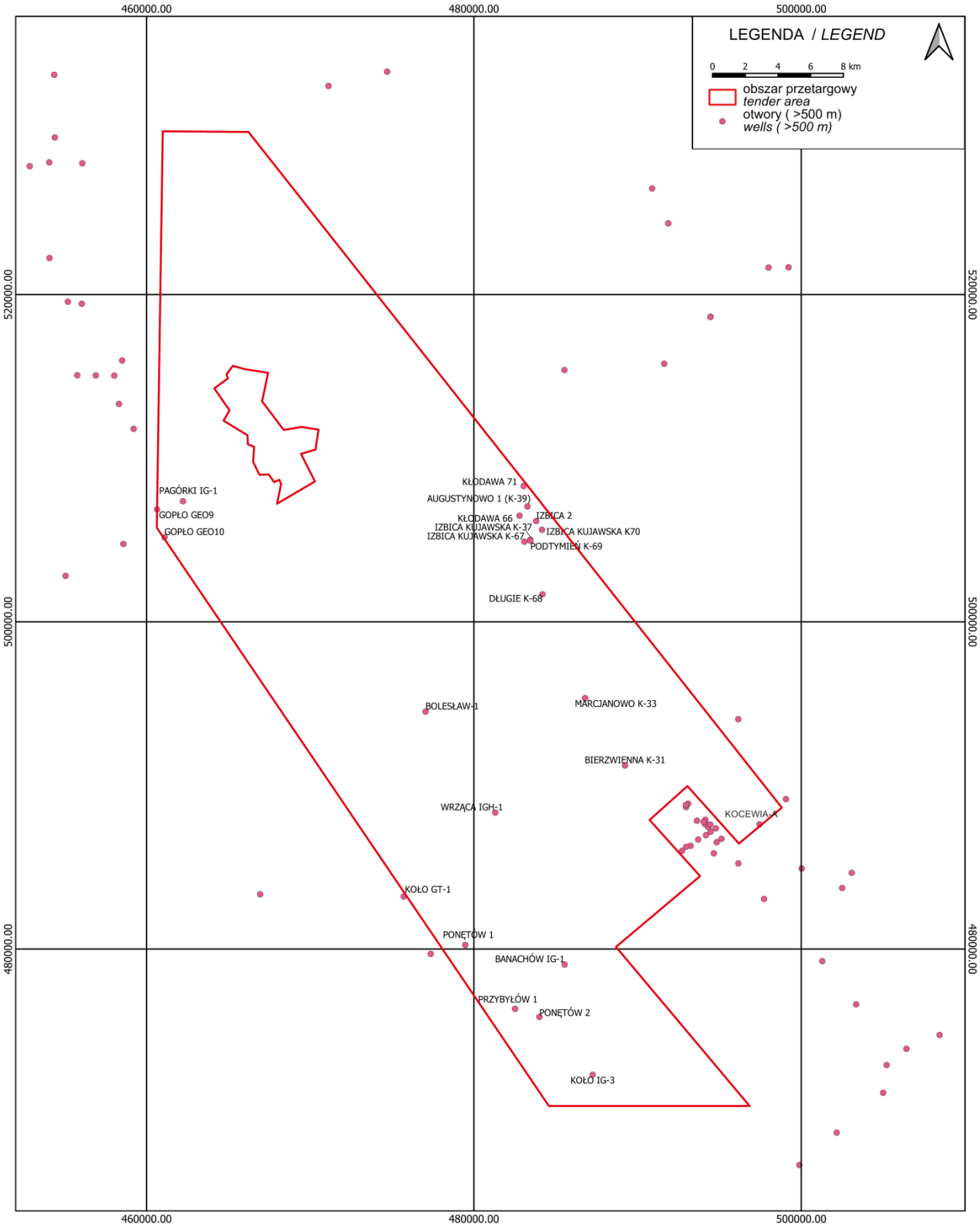


Fig. 5.1. Otwory wiertniczne wykonane na obszarze przetargowym Koło i jego sąsiedztwie.

5.2. AUGUSTYNOWO 1

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 630,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1955
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	55,4	czwartorzęd
55,4	123,0	paleogen i neogen
123,0	203,5	kreda
203,5	300,0	trias
300,0	630,0	perm

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Augustynowo 1, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz wykonanych w otworze.

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja pomiarów średnich prędkości i pomiarów pionowego profilowania sejsmicznego w otworze Augustynowo 1 (Monet i in., 1955) zawiera wyniki z następującego zakresu (dla podkreślonych profilowań w CBDG znajdują się pliki LAS):

- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2: 20–600 m,
- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW: 20–600 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1:65–590 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2: 64–590 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW3: 65–618 m,
- profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO: 64–2 618 m,
- profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP: 20–600 m.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Hałdun Z. 1955. Pomiary geofizyczne w otworze Augustynowo 1 + karta otworu wiertniczego. Inw. 110665, CAG PIG, Warszawa.
- Monet J., Smolicz S., Górska I. 1955. Sprawozdanie z pomiaru sejsmokarotażu na otworze wiertniczym Augustynowo 1. A11 VS, CAG PIG, Warszawa.

5.3. BANACHÓW IG-1

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 3403,0 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 3403,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1986
Rdzenie: 511–3383,5 m, 101 skrzynek, Magazyn rdzeni wiertniczych w Leszczach.

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	22,0	kenozoik
22,0	394,0	mastrycht
394,0	960,0	kampan
960,0	1397,5	santon
1397,5	1677,0	koniak
1677,0	2053,5	turon
2053,5	2152,0	cenoman
2152,0	2181,5	alb górny
2181,5	2300,0	alb środkowy - alb dolny
2181,5	*2300,0*	*ogniwo kruszwickie*
2300,0	2316,5	apt
2300,0	*2316,5*	*ogniwo goplańskie*
2316,5	2324,0	barrem
2316,5	*2324,0*	*ogniwo pagórczańskie*
2324,0	2362,5	hoteryw górny
2324,0	*2362,5*	*ogniwo żychlińskie*
2362,5	2381,0	hoteryw dolny - walanżyn górny
2362,5	*2381,0*	*formacja włocławska*
2381,0	2400,5	walanżyn dolny
2400,5	2418,0	berias górny - berias środkowy
2418,0	2492,0	berias dolny
2492,0	2561,5	tyton
2561,5	2610,5	kimeryd górny
2610,5	2704,0	kimeryd dolny
2704,0	3142,0	oksford
3142,0	3147,5	kelowej
3147,5	3177,5	baton górny
3177,5	3206,0	baton środkowy
3206,0	3247,0	baton dolny
3247,0	3264,0	toark górny
3247,0	*3264,0*	*formacja borucicka*
3264,0	3370,0	toark dolny

3264,0	*3370,0*	*formacja ciechocińska*
3370,0	3403,0	pliensbach górny
3370,0	*3403,0*	*formacja drzewicka*

Wyniki badań skał:
W dokumentacji wynikowej otworu wiertniczego Banachów IG-1 (Feldman i Marek, 1988) znajdują się wyniki analiz fizyko-chemicznych 31 próbek z kredy dolnej i jury z interwału 511,0–3379,0 m (Feldman i Marek, 1988) wraz z oznaczeniem porowatości, przepuszczalności i gęstości. Ponadto wykonano 1 analizę wody złożowej – z utworów kredy dolnej – oraz 1 analizę gazu – z utworów kredy dolnej (Tab. 5.1–5.3). Ponadto wykonano pomiary refleksyjności witrynitu dla próbek z kredy dolnej. W CBDG (2022) znajdują się również wyniki oznaczeń zawartości węgla organicznego w 3 próbkach utworów jury z głębokości 3283,0 m, 3336,0 m i 3379,0 m (Poprawa i Kiersnowski, 2010), które wynoszą odpowiednio 3%, 0,6% i 0,2%. W dokumentacji Obarowskiego i in. (2015) można znaleźć także wyniki badań pirolitycznych jury górnej z otworu Banachów IG-1 (Tab. 3.3).

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja wynikowa otworu Banachów IG-1 (Feldman i Marek, 1988) zawiera wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG znajdują się pliki LAS):

- prof. gradientu potencjałów naturalnych (gPS): 2073,5–3307 m,
- profilowanie neutron–gamma (logPNG): 5–1352 m,
- mikroprofilowania oporności (mPO): 149–1352 m,
- pomiar akustyczny stanu zacementowania rur okładzinowych (Pac): 30–3183 m,
- profilowanie akustyczne czasu interwałowego (PAdt): 88,25–1348 m,
- profilowanie czasu akustycznego T1 (PAt1): 90,5–1352 m,
- profilowanie czasu akustycznego T2 (PAt2): 90,75–1352 m,
- profilowanie naturalnego promieniowania gamma (PG): 0–3310 m,
- profilowanie gamma–gamma gęstościowe (PGG): 1,25–1350 m,
- profilowanie krzywizny odwiertu (PK): 25–3310 m,
- profilowanie neutron-gamma PNG: 1,25–3310 m,
- profilowania oporności standardowe PO: 150–3310 m,
- profilowanie oporności EL02 (PO): 150,75–3309,75 m,
- profilowanie oporności EL03 (PO): 150,25–3309,75 m,
- profilowanie oporności EL09 (PO): 150,25–3309,5 m,
- profilowanie oporności EL14 (PO): 152,25–3307,75 m,
- profilowanie oporności EL18 (PO): 2397,25–3307,75 m,
- profilowanie oporności EL26 (PO): 156,25–2520,75 m,
- profilowanie oporności EN10 (PO): 150,25–3306,75 m,
- prof. oporności sondą potencjałową (POp): 150–1350 m,
- profilowanie oporności płuczki (POpl): 2396,25–3149,5 m,
- prof. oporności sondą 3–elektr. ster. LL3 (POst): 3136,75–3307,75 m,
- profilowanie oporności sterowane (POst): 3140–3310 m,
- sterowane profilowanie oporności (POst): 148,75–1350,75 m,
- Profilomierz 1190–1326 m,
- profilowanie potencjałów naturalnych (PS): 149–3151,5 m,
- profilowanie średnicy otworu CALI (PSr): 0,25–3307 m,
- profilowanie temperatury (PT): 27,5–3169,75 m,
- prof. temp. przy nieust. równowadze term. (PTn): 2000–3135 m,
- prof. temp. przy ustalonej równowadze term. (PTu): 200–3140 m.

Dokumentacja pomiarów średnich prędkości i pomiarów pionowego profilowania sejsmicznego w otworze Banachów IG-1 (Ślebodziński i in., 1987) zawiera wyniki pomiarów wykonanych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG znajdują się pliki LAS):

- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2: 20–3260 m,
- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW: 20–3260 m,

- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1: 2–3262 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2: 2–3262 m,
- profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO: 2–3262 m,
- profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP: 20–3260 m.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: obecności węglowodorów w rdzeniu oraz wyniki przeprowadzonych prób złożowych zestawiono w Tab. 5.4–5.5.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Feldman A., Marek S. 1988. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Banachów IG-1 [zawiera kartę otworu]. Inw. 131366, CAG PIG, Warszawa;
- Ślebodziński J., Michalec J., Bąk E. 1987. Sprawozdanie z pomiarów sejsmometrycznych w otworze Banachów IG-1, Profilowanie prędkości średnich wykonanych przez Grupę Sejmometrii Wiertniczej 1D/Kw opracowane przez Wydział Sejmometrii Wiertniczej w kwietniu 1987 r. Inw. B4 VS, CAG PIG, Warszawa.
- Obarowski M., Rosowski T., Mulińska M. 2015. Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny lub zasobów wód podziemnych na obszarze koncesji "Koło" (części bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230). Inw. 2721/2015, CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość Min.-Max. (średnia)	Przepuszczalność Min.-Max. (średnia)	Gęstość Min.-Max. (średnia)
		[%]	[mD]	[g/cm^3]
kreda dolna (piaskowce)	7	7,48–15,75 (13,07)	112–1010 (462)	2,18–2,51 (2,28)
jura dolna (piaskowce)	11	3,09–4,42 (3,66)	0,1–69 (11,8)	2,36–2,64 (2,46)

Tab. 5.1. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z interwału 2181,5–2435,0 m (kreda dolna) oraz z interwału 3247,0–3403,0 m (jura dolna) w otworze Banachów IG-1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Feldman i Marek, 1988).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Składniki	g/l
2220,0–2182,0	kreda dolna	pr. rurowy złoża	Cl^-	29,8
			Br^-	0,0129
			HCO_3^-	2
			SO_4^{2-}	1,45
			J^-	0,0128
			Ca^{2+}	1,67
			Mg^{2+}	0,241
			Na/K^+	20/0,283
			Al/Fe^{3+}	0,12
			pH	6,5
			mineralizacja	57,8

Tab. 5.2. Wyniki analiz wody i filtratu w otworze Banachów IG-1 (Feldman i Marek, 1988).

Stratygrafia	Interwał [m]	Metoda	Składniki	% obj.
kreda dolna	2220-2182	gaz z płuczki zanieczyszczonej olejem napędowym	C_4H_{10}	0,14
			C_5H_{12}	0,63
			CO_2	3,7
			N_2	87,12
			Ar	0,02

Tab. 5.3. Wyniki analiz gazu (w czystym gazie) w otworze Banachów IG-1 (Feldman i Marek, 1988).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Objawy
od	do		
2519,0	2521,0	jura górna	na świeżym przełamie zapach bituminów

Tab. 5.4. Objawy węglowodorów w rdzeniach w otworze Banachów IG-1 (Feldman i Marek, 1988).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Tempo prz. [m^3/h]
3146,0–3319,0	jura	pr. rurowy złoża	płuczka z nieznaczną domieszką wody złożowej Pd=326*10^3 hPa	2,05
2182,0–2220,0	kreda dolna	pr. rurowy złoża	solanka bez sladów bitumin, Pz=233 atm.	6,8

Tab. 5.5. Rezultaty prób złożowych w otworze Banachów IG-1 (Feldman i Marek, 1988).

5.4. BIERZWIENNA K-31

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 1020,4 m
Rok zakończenia wiercenia: 1953
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	20,4	czwartorzęd
20,4	?227,6	paleogen i neogen
?227,6	1020,4	perm

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Bierzwienna K-31, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz wykonanych w otworze.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Bierzwienna K-31. Inw. 71249, CAG PIG, Warszawa.

5.5. BOLESŁAW-1

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 1550,0 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 1550,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 2017
Rdzenie: próby okruchowe z interwału 90–1550 m, 4 skrzynki, Magazyn rdzeni wiertniczych w Leszczach.

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	82,0	kenozoik
82,0	1550,0	kreda
82,0	340,0	mastrycht
340,0	1095,0	kampan
1095,0	1550,0	santon

Wyniki badań skał:
W dokumentacji wynikowej otworu wiertniczego Bolesław-1 znajdują się jedynie wyniki analizy mikropaleontologicznej całego przewierconego interwału (Rosowski, 2017).

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja wynikowa otworu Bolesław-1 (Rosowski, 2017) zawiera wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG znajdują się pliki LAS):
- profilowanie gamma (GR): 948–1550m,
- profilowanie neutron–gamma (NGR): 948–1550 m,
- profilowanie gęstości (RHOB):

948–1550 m,
- profilowanie akustyczne (DT): 948–1550 m,
- cementomierz akustycznyw rurach 9 5/8 (CBL): 32–948,75 m,
- cementomierz akustycznyw rurach 13 3/8 (CBL): 27–352 m,
- profilowanie akustyczne: 948–1547 m,
- upadomierz (Dipmeter–borehole geometry): 948–1549 m,
- profilowanie średnicy otworu: 952,5–1550 m,
- profilowanie średnicy otworu średnicomierzem czteroramiennym 948–1539 m,
- obliczanie krzywizny otworu 352,5–943 m,
- pomiar krzywizny otworu 352,5–1549 m,
- profilowanie upadu warst (SED): 948–1550 m.

Dokumentacja zawiera również wyniki pomiarów średnich prędkości i pomiarów pionowego profilowania sejsmicznego (w CBDG dostępne są dla nich pliki LAS):
- profilowanie VSP: 135–1530 m.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: w czasie wiercenia nie zanotowano objawów węglowodorów, ani nie przeprowadzono prób złożowych.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Rosowski T. 2017. Dokumentacja wynikowa otworu wiertniczego Bolesław-1 na koncesji Kolo nr 3/2016/p. Inw. 8736/2017, CAG PIG, Warszawa.
- Popczyk R., Żuk P., Rosowski T. 2018. Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny lub zasobów wód podziemnych na obszarze koncesji "Koło" (część bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230) nr 3/2016/p. Inw. 395/2019, CAG PIG, Warszawa.
- Popczyk R., Żuk P., Rosowski T. 2017. Dokumentacja geologiczna likwidacji otworu wiertniczego Bolesław-1 wykonanego na obszarze koncesji Kolo nr 3/2016/p (część bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230) Inw. 8737/2017, CAG PIG, Warszawa.

5.6. DŁUGIE K-68

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 627,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1958
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	40,0	czwartorzęd
40,0	120,8	paleogen i neogen
120,8	627,0	jura

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Długie K-68, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz wykonanych w otworze.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Długie K-68. Inw. 56438, CAG PIG, Warszawa.

5.7. GOPŁO GEO9

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 751,5 m
Rok zakończenia wiercenia: 1957
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	85,0	czwartorzęd, paleogen i neogen
85,0	851,5	kreda

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Gopło GEO9, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz.

Wyniki geofizyki otworowej:
Na karcie otworu zaznaczono wyniki geofizyki wiertniczej w następującym zakresie (dla wymienionych profilowań brak plików LAS):
- profilowanie oporności standardowe (PO): 12–748 m,
- profilowanie potencjałów naturalnych (SP): 170–700 m.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Gopło GEO9. Inw. 54487, CAG PIG, Warszawa.

5.8. GOPŁO GEO10

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 507,1 m
Rok zakończenia wiercenia: 1957
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	49,0	czwartorzęd,
49,0	78,0	paleogen i neogen
78,0	507,1	kreda górna

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Gopło GEO10, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz.

Wyniki geofizyki otworowej:
Na karcie otworu zaznaczono wyniki geofizyki wiertniczej w następującym zakresie (dla wymienionych profilowań brak plików LAS):
- profilowanie oporności standardowe (PO): 11–501 m.
-

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Gopło GEO10. Inw. 54475, CAG PIG, Warszawa.

5.9. IZBICA 2

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 1200,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1955
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	219,6	paleogen i neogen
219,6	1200,0	perm

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Izbica 2, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Izbica 2. Inw. 37130, CAG PIG, Warszawa.
- Schleger J. 1955. Karotaż sejsmiczny otworu sejsmicznego Izbica-2. Inw. 37130, 3927/245, CAG PIG, Warszawa.

5.10. IZBICA KUJAWSKA K-37

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 1212,3 m
Rok zakończenia wiercenia: 1955
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	201,6	czwartorzęd
201,6	354,5	paleogen i neogen
354,5	1212,3	perm

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Izbica Kujawska K-37, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz.

Wyniki geofizyki otworowej:
W NAG znajduje się dokumentacja karotażu sejsmicznego otworu Izbica Kujawska K-37 (Schlegel, 1955) z wynikami badań przeprowadzonych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG znajdują się pliki LAS):

- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2: 20–1140 m,
- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW: 20–1140 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1: 25–1150 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2: 175–1150 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW3: 150–1100 m,
- profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO: 25–1150 m,
- profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP: 20–1140 m.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Izbica Kujawska K-37. Inw. 111140, CAG PIG, Warszawa.
- Schlegel J. 1955. Karotaż sejsmiczny otworu wiertniczego Izbica Kujawska K-37. Inw. I6 VS, CAG PIG, Warszawa.

5.11. IZBICA KUJAWSKA K-67

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 521,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1959
Rdzenie: 137 skrzynek, 62,5–494,2 m, Magazyn rdzeni wiertniczych w Leszczach.

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	20,5	czwartorzęd
20,5	151,2	paleogen i neogen
151,2	310,1	jura
310,1	521,0	perm

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Izbica Kujawska K-67, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Izbica Kujawska K-67. Inw. 56440, CAG PIG, Warszawa.

5.12. IZBICA KUJAWSKA K-70

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 590,5 m
Rok zakończenia wiercenia: 1958
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	54,0	czwartorzęd
54,0	215,3	paleogen i neogen
215,3	590,5	perm

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Izbica Kujawska K-70, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Izbica Kujawska K-70. Inw. 56439, CAG PIG, Warszawa.

5.13. KŁODAWA 66

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 500,7 m
Rok zakończenia wiercenia: 1959
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	38,8	czwartorzęd
38,8	120,0	paleogen i neogen
120,0	500,7	jura

Wyniki badań skał: w NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Kłodawa 66, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze. W CBDG brak również wyników jakichkolwiek analiz.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Kłodawa 66. Inw. 56442, CAG PIG, Warszawa.

5.14. KŁODAWA 71

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 510,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1958
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	99,0	czwartorzęd
99,0	118,0	jura
118,0	510,0	perm

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Kłodawa 66, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Kłodawa 71. Inw. 56443, CAG PIG, Warszawa.

5.15. KOCEWIA-A

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 542,7 m
Rok zakończenia wiercenia: 1959
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	35,6	czwartorzęd
35,6	128,0	neogen
128,0	542,7	jura

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Kocewia-A, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Kocewia-A. Inw. 111141, CAG PIG, Warszawa.

5.16. KOŁO GT-1

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 3905,0 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 3905,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 2018
Rdzenie: 2576,0–2753,0 m, 37 skrzynek, Magazyn rdzeni wiertniczych w Leszczach.

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	30,0	czwartorzęd
30,0	2426,0	mastrycht - turon
2426,0	2533,0	cenoman
2533,0	2566,0	alb górny
2566,0	2708,0	alb środkowy - alb dolny
2566,0	*2708,0*	*ogniwo kruszwickie*
2708,0	2740,0	apt
2708,0	*2740,0*	*ogniwo goplańskie*
2740,0	2748,0	barrem
2740,0	*2748,0*	*ogniwo pagórczańskie*
2748,0	2772,0	hoteryw - walanżyn górny
2748,0	*2772,0*	*formacja włocławska*
2772,0	2803,0	walanżyn dolny
2772,0	*2803,0*	*formacja bodzanowska*
2803,0	2851,0	walanżyn dolny - berias górny
2803,0	*2851,0*	*formacja rogoźniańska*
2851,0	2935,0	berias dolny
2935,0	2960,0	tyton górny
2851,0	*2960,0*	*formacja kcyńska*
2960,0	3070,0	tyton dolny - kimeryd górny
2960,0	*3070,0*	*formacja pałucka*
3070,0	3198,0	kimeryd dolny
3070,0	*3198,0*	*formacja wap.-margl.-muszlowcowa*
3198,0	3667,0	oksford
3198,0	*3667,0*	*grupa wapienna A*
3667,0	3814,0	kelowej - bajos
3814,0	3824,0	toark górny

3814,0	*3824,0*	*formacja borucicka*
3824,0	3857,0	toark dolny
3824,0	*3857,0*	*formacja ciechocińska*
3857,0	3876,5	pliensbach górny
3857,0	*3876,5*	*formacja drzewicka*
3876,5	3905,0	trias górny

Wyniki badań skał:
W dokumentacji Kukuły i in. (2019) znajdują się wyniki analiz fizyko-chemicznych 19 próbek z kredy dolnej z interwału 2576,0–2749,37 m wraz z oznaczeniem porowatości, przepuszczalności pionowej i poziomej. Dla 15 próbek z głębokości 2576,0–2743,33 m z interwału kredy dolnej wykonano pomiary gęstości i porowatości. Ponadto wykonano 4 analizy wody złożowej – z kredy dolnej (w tym badania izotopowe) – oraz 1 analizę gazu – z odgazowania solanki z kredy dolnej. Wykonano również analizy biostratygraficzne 29 próbek okruchowych. Podsumowaniem tych badań są Tab. 5.6–5.8.

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja Kukuły i in. (2019) zawiera wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanych w następującym zakresie (dla wymienionych profilowań w CBDG brak plików LAS):

- profilowanie śr. otworu: 40–3888 m,
- profilowanie krzywizny otw.: 0–3888 m,
- profilowanie promieniowania gamma: 40–3885 m,
- prof. upadu warstw: 2565,5–3888 m,
- profilowanie neutronowe: 2564–3885 m,
- spektrometryczne profilowanie gamma: 2540,5–3883 m,
- spektrometryczne profilowanie litologiczno-gęstościowe: 2564–3887 m,
- profilowanie temperaturowe: 2564–3889 m,
- profilowanie opornościowe: 2564–3880 m,
- profilowanie potencjału naturalnego: 2564–3880 m,
- profilowanie temperaturowe w warunkach równowagi cieplnej w otworze 192–2606,5 m.

Pomiarów średnich prędkości i pomiarów pionowego profilowania sejsmicznego w otworze Koło GT-1 nie wykonano.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: obserwacje obecności węglowodorów w rdzeniu oraz wyniki przeprowadzonych prób złożowych zestawiono w Tab. 5.9–5.10.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Kukuła M., Bystroń K., Guty Ł., Kosiek K., Długosz P. 2019. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych Koło GT-1 w miejscowości Chojny, gm. Koło, pow. kolski, woj. wielkopolskie. Inw. 4370/2020, CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość Min.–Max.	Przepuszczalność Min.–Max.
		[%]	[mD]
kreda dolna	19	1,92–17,76	0,01–78,7

Tab. 5.6. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z interwału 2576,0–2749,37 m (kreda dolna) w otworze Koło GT-1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Kukuła i in., 2019).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Składniki	g/l
2564,0–2858,0	kreda dolna	próbnik Halliburtona RTTS	Cl^-	48,216
			F^-	0,00483
			HCO_3^-	0,677
			SO_4^{2-}	12,88
			NH_4^+	0,0262
			Ca^{2+}	1,703
			Mg^{2+}	0,365
			Na/K^+	26,787/5,254
			Al/Fe^{3+}	0,0023/0,012
			pH	7,84
			mineralizacja	84,3457
2564,0–2858,0	kreda dolna	próbnik Halliburtona RTTS	Cl^-	60,625
			Br^-	0,072
			HCO_3^-	0,326

			SO_4^{2-}	1,746
			NH_4^+	0,242
			Ca^{2+}	2,305
			Mg^{2+}	0,425
			Na/K^+	29,3/1,27
			Al/Fe^{3+}	0,00005/0,01355
			pH	6,1
			mineralizacja	93,706
2564,0–2858,0	kreda dolna	próbnik Halliburtona RTTS	Cl^-	60,625
			Br^-	0,00464
			HCO_3^-	0,288
			SO_4^{2-}	1,752
			NH_4^+	0,2285
			Ca^{2+}	2,285
			Mg^{2+}	0,437
			Na/K^+	29,4/0,998
			Al/Fe^{3+}	/0,01115
			pH	7,7
			mineralizacja	93,501
2564,0–2858,0	kreda dolna	próbnik Halliburtona RTTS	Cl^-	59,916
			Br^-	0,00448
			HCO_3^-	0,262
			SO_4^{2-}	1,778
			NH_4^+	0,22
			Ca^{2+}	2,305
			Mg^{2+}	0,425
			Na/K^+	29,5/0,663
			Al/Fe^{3+}	0,00005/0, 0133
			pH	6,9
			mineralizacja	94,862

Tab. 5.7. Wyniki analiz wody w otworze Koło GT-1 (Kukuła i in., 2019).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Składniki	% obj.
2564,0–2858,0	kreda dolna	odgazowanie solanki	CH_4	6,915
			C_2H_6	0,218
			C_{3+}	0,116
			N_2	57,792
			CO_2	33,895
			O_2	1,063
			H_2	1,162

Tab. 5.8. Wyniki analiz gazu w otworze Koło GT-1 (Kukuła i in., 2019).

Głębokość [m]		Stratygrafia	zgazowania płuczki na profilu gazowym
od	do		
43,0	2430,0	kenozoik kreda	od 0% do 0,063% (*total gas*) na samym dole profilu
2725,0		kreda dolna	pojawia się krzywa metanowa poniżej 0,1%
2835,0		kreda dolna	pojawia się krzywa etanowa i metanowa poniżej 0,1%
2930,0	2960,0	formacja kcyńska	wzrost zgazowania aż do 29% metanu i 52,5% (*total gas*) na gł. 2934,3, próbki okruchowe też wykazują intensywny zapach węglowodorów
2930,0	2960,0	formacja kcyńska	przejawy ropy naftowej

Tab. 5.9. Objawy węglowodorów w rdzeniach w otworze Koło GT-1 (Kukuła i in., 2019).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Tempo prz. [m^3/h]
2564,0–2858,0	kreda dolna	próbnik Halliburtona RTTS	solanka ciśnienie P=248,9 bar	15
3848,0–3873,0	jura dolna	próbnik Halliburtona RTTS	solanka ciśnienie Pmax =433,8 bar spadek do 295 bar.	
	kreda dolna	Pompa Baker Hughes 32-675CENTRILIFT	I pompowanie	70

		HC35000		
	kreda dolna	Pompa Baker Hughes 32-675CENTRILIFT HC35000	II pompowanie	175
	kreda dolna	Pompa Baker Hughes 32-675CENTRILIFT HC35000	III pompowanie	257

Tab. 5.10. Rezultaty prób złożowych w otworze Koło GT-1 (Kukuła i in., 2019).

5.17. KOŁO IG-3

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 3156,2 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 3156,2 m
Rok zakończenia wiercenia: 1968
Rdzenie: 120,0–3156,2 m, 526 skrzynek, Magazyn rdzeni wiertniczych w Leszczach.

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	45,0	czwartorzęd
45,0	210,0	mastrycht
210,0	675,0	kampan
675,0	1138,0	santon
1138,0	1318,0	koniak
1318,0	1672,0	turon
1672,0	1755,0	cenoman
1755,0	1776,0	alb górny
1776,0	1906,0	alb środkowy - barrem
1906,0	1924,1	hoteryw górny
1924,1	1927,5	hoteryw dolny
1927,5	1930,7	walanżyn górny
1930,7	1990,0	walanżyn dolny
1990,0	2008,0	berias
2008,0	2085,0	wołg górny
2085,0	2146,0	wołg dolny - wołg środkowy
2146,0	2200,0	kimeryd górny
2200,0	2291,0	kimeryd dolny
2291,0	2700,0	oksford
2700,0	2715,0	kelowej
2715,0	2769,0	baton górny
2769,0	2812,5	baton środkowy
2812,5	2822,5	baton dolny
2822,5	2833,0	kujaw górny
2833,0	2890,0	kujaw środkowy
2890,0	2921,5	kujaw dolny
2921,5	2966,0	bajos dolny
2966,0	2977,0	aalen górny
2977,0	2985,5	aalen dolny
2988,5	3089,5	toark górny
3089,5	3156,2	toark dolny

Wyniki badań skał:
W dokumentacji wynikowej otworu wiertniczego Koło IG-3 (Ryll i Juszczak, 1970) znajdują się wyniki analiz fizykochemicznych dla próbek z prawie całego profilu wiercenia z interwału 0–3156,7 m wraz z oznaczeniem porowatości i gęstości objętościowej. Wykonano również badania geochemiczne bitumin w 25 próbkach z kredy z interwału 120,0–1987,5 m i 46 z jury z interwału 2018,0–3039,4 m. Ponadto wykonano 1 analizę wody złożowej – z kredy dolnej/górnej – oraz 1 analizę gazu – z odgazowania solanki z kredy dolnej/górnej. Wykonano również analizy biostratygraficzne 42 próbek okruchowych. Podsumowaniem tych badań są Tab. 5.11–5.13. W dokumentacji Obarowskiego i in. (2015) można znaleźć także wyniki badań pirolitycznych jury górnej z otworu Koło IG-3 (Tab. 3.3).

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja wynikowa otworu Koło IG-3 (Ryll i Juszczak, 1970) zawiera wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG znajdują się pliki LAS):

- prof. gradientu potencjałów naturalnych (gPS): 43,5–2725 m,
- mikroprofilowania oporności (mPO): 1748–3144 m,
- profilowanie naturalnego promieniowania gamma (PG): 0–3140,75 m,
- profilowanie krzywizny odwiertu (PK): 25–3150 m,
- profilowanie neutron-gamma (PNG): 0–3144,75 m,
- profilowania oporności standardowe (PO): 43,5–3144,0 m,
- profilowanie oporności E03L (PO): 2068,25–2724,75 m,
- profilowanie oporności EL02 (PO): 2069,25–2725,5 m,

- profilowanie oporności EL03 (PO): 2069,25–2726,5 m,
- profilowanie oporności EL09 (PO): 1052,25–3144,75 m,
- profilowanie oporności EL14 (PO): 2069,75–2725,5 m,
- profilowanie oporności EL26 PO: 2071,75–2724,75 m,
- profilowanie oporności EN10 (PO): 1052–3144,75 m,
- prof. oporności sondą gradientową (POg): 1055–3145 m,
- profilowanie oporności płuczki (POpl): 28–3145 m,
- prof. oporności sondą 3–elektr. ster. LL3 (POst): 1746,25–3144,75 m,
- profilowanie oporności sterowane (POst): 1748–3144 m,
- profilowanie potencjałów naturalnych (PS): 43,5–3144 m,
- profilowanie średnicy otworu CALI (PSr): 0,25–3149,75 m,
- profilowanie temperatury (PT): 1020,25–3144,75 m,
- profilowanie temperatury po cementowaniu (PTc): 23–1755 m,
- prof. temp. przy nieust. równowadze term. (PTn): 10–2745 m.

Dokumentacja pomiarów średnich prędkości i pomiarów pionowego profilowania sejsmicznego w otworze Koło IG-3 (Materzok, 1969) zawiera wyniki pomiarów wykonanych w następującym zakresie (w CBDG dostępne są dla nich pliki LAS):

- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2: 20–3100 m,
- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW: 20–3100 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1: 125–3100 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2: 125–3100 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW3: 125–3100 m,
- profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO: 125–3100 m,
- profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP: 20–3100 m.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: obserwacje obecności węglowodorów w rdzeniu oraz wyniki przeprowadzonych prób złożowych zestawiono w Tab. 5.14–5.15.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Ryll A., Juszczak F. 1970. Dokumentacja wynikowa otworu Koło IG-3 [zawiera kartę otworu]. Inw. 102289, CAG PIG, Warszawa.
- Materzok W. 1969. Dokumentacja pomiarów średnich prędkości w odwiercie Koło IG-3. Inw. 43563, 4027/305, CAG PIG, Warszawa.
- Szostak I., Blus R. 1969. Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał rok 1969 [118 otworów wiertniczych]. Inw. ObO/1251, CAG PIG, Warszawa.
- Pietrzak I. 1972. Dokumentacja hydrogeologiczna wód termalnych ujętych otworem Koło IG-3 w Łabędziu. Inw. 2302/2016, CAG PIG, Warszawa.
- Obarowski M., Rosowski T., Mulińska M. 2015. Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny lub zasobów wód podziemnych na obszarze koncesji "Koło" (części bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230). Inw. 2721/2015, CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość Min.–Max. (średnia)	Gęstość objętościowa Min.–Max. (średnia)
		[%]	[g/cm^3]
kenozoik	9	12,0–39,0 (33)	2,14–2,56 (2,34)
kreda	95	3,0–20,0 (11,26)	1,37–2,63 (2,47)
jura	288	0,0–11,0 (4,09)	2,3–2,98 (2,57)

Tab. 5.11. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z interwału 0–3155,7 m (kenozoik, kreda, jura) w otworze Koło IG-3 na podstawie dokumentacji wynikowej (Ryll i Juszczak, 1970).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Składniki	g/l
1772,7–1796,0	kreda górna-dolna		Cl^-	3,85
			Br^-	0,003
			HCO_3^-	0,232
			SO_4^{2-}	0,181
			NH_4^+	
			Ca^{2+}	0,022
			Mg^{2+}	0,0008
			Na/K^+	2,5/0,033
			Al/Fe^{3+}	/ślady
			PH	-
			mineralizacja	6,5
1772,7–1796,0	kreda górna-dolna		Cl^-	4,07046
			Br^-	-
			HCO_3^-	0,11227
			SO_4^{2-}	0,151
			NH_4^+	
			Ca^{2+}	0,1606
			Mg^{2+}	0,0068
			Na/K^+	2,75/0, 265
			Al/Fe^{3+}	/0,0165
			mineralizacja	7,58367

Tab. 5.12. Wyniki analiz wody w otworze Koło IG-3 na podstawie dokumentacji wynikowej (Ryll i Juszczak, 1970).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Składniki	% obj.
1772,7–1796,0	kreda górna-dolna	odgazowanie solanki	CH_4	0,8
			N_2	97,7
			CO_2	1,3
			Ar	0,2

Tab. 5.13. Wyniki analiz gazu w otworze Koło IG-3 (Ryll i Juszczak, 1970).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Objawy
od	do		
2358,9	2411,8	oksford	zapach bitumiczny
2451,7	2456,7	oksford	zapach bitumiczny
2541,8	2548,0	oksford	zapach bitumiczny

Tab. 5.14. Objawy węglowodorów w rdzeniach w otworze Koło IG-3 (Ryll i Juszczak, 1970).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Tempo prz. [m^3/h]
3116,0–3156,2	jura dolna	próbnik	awaria pakera testów nie wykonano	-
2703,0–2710,0	jura środkowa	próbnik Johnston	awaria, słaba wytrzymałość korka cementowanego, badanie nieudane	-
2285,0–2306,0	jura górna	próbnik	awaria, słaba wytrzymałość korka cementowanego, badanie nieudane	-
1772,7–1796,0	kreda górna-dolna	próbnik	podczas wymiany płuczki na wodę samowypływ, wypłynęło 460 m^3 wody gorącej	od 15 do 80

Tab. 5.15. Rezultaty prób złożowych w otworze Koło IG-3 (Ryll i Juszczak, 1970).

5.18. MARCJANOWO K-33

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 1002,7 m
Rok zakończenia wiercenia: 1953
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	292,0	czwartorzęd, paleogen, neogen
292,0	334,7	jura
334,7	1002,7	perm

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Marcjanowo K-33, na której brak informacji o wykonanych badaniach w otworze.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:
- Karta otworu Marcjanowo K-33. Inw. 71245, CAG PIG, Warszawa.
- Wrońska K. 1954. Sprawozdanie z pomiarów prędkości średnich wykonanych przez VI Grupę Sejsmiczną PPG w 1953 r. C126 VS, CAG PIG, Warszawa.

5.19. PAGÓRKI IG-1

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 1562,1 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 1562,1 m
Rok zakończenia wiercenia: 1957
Rdzenie: 90,0–1622,1 m, 94 skrzynie, Magazyn rdzeni wiertniczych w Leszczach.

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	65,0	czwartorzęd
65,0	86,4	neogen, paleogen
86,4	355,0	kampan górny
355,0	514,5	kampan dolny
514,5	592,0	santon górny
592,0	671,0	santon dolny
671,0	719,0	koniak
719,0	839,0	turon
839,0	913,0	cenoman
913,0	919,0	alb górny
919,0	1022,0	alb środkowy
919,0	*1022,0*	*ogniwo kruszwickie*
1022,0	1061,0	apt
1022,0	1061,0	ogniwo goplańskie
1061,0	1097,7	barrem
1061,0	*1097,7*	*ogniwo pagórczańskie*
1097,7	1149,0	hoteryw górny
1097,7	*1149,0*	*ogniwo żychlińskie*
1149,0	1160,0	hoteryw dolny
1149,0	*1160,0*	*ogniwo gniewkowskie*
1160,0	1177,8	walanżyn górny
1160,0	*1177,8*	*ogniwo wierzchosławickie*
1177,8	1242,4	walanżyn dolny
1177,8	*1224,0*	*formacja bodzanowska*
1224,0	*1289,0*	*formacja rogoźniańska*
1242,4	1289,0	berias górny - berias środkowy
1289,0	1295,0	berias dolny
1295,0	1562,1	jura górna

Wyniki badań skał:
W NAG znajduje się tylko karta otworu wiertniczego Pagórki IG-1 wraz z wynikami pomiarów geofizycznych i analiz paleontologicznych (Jaśkowiak, 1957) oraz skrócona dokumentacja geologiczna otworu (Horn, 1955).

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja pomiarów geofizycznych otworu Pagórki IG-1 (Jaśkowiak, 1957) zawiera wyniki następujących badań (dla podkreślonych profilowań w CBDG są dostępne pliki LAS):
- mikroprofilowania oporności (mPO): 900–1550 m,
- profilowanie naturalnego promieniowania gamma (PG): 2–1561 m,
- profilowanie krzywizny odwiertu (PK): 400–1560 m,
- profilowania oporności standardowe (PO): 87,5–1550 m,
- profilowanie oporności EL02 (PO): 453,5–1555,5 m,
- profilowanie oporności EL03 (PO): 87,5–1555,75 m,
- profilowanie oporności EL07 (PO): 92,25–1555,75 m,
- profilowanie oporności EL09 (PO): 92,10–1525 m,
- profilowanie oporności EL14 (PO): 92,5–1554,75 m,
- profilowanie oporności EL26 PO: 97,5–1556,75 m,

- profilowanie potencjałów naturalnych (PS): 87,5–1555 m,
- profilowanie średnicy otworu CALI (PSr): 0,1–1290 m,
- profilowanie temperatury (PT): 30–1400 m.

Sprawozdanie z pomiaru sejsmokarotażu w otworze Pagórki IG-1 (Manet i in., 1957) zawiera wyniki pomiarów wykonanych w następującym zakresie (w CBDG dostępne są dla nich pliki LAS):

- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony Tx2: 20–1540 m,
- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany TW: 20–1540 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW1: 190–1540 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW2: 190–1540 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_PW3: 215–1540 m,
- profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_PO: 190–1540 m,
- profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. DT_VSP: 20–1540 m.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: nie zaobserwowano

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Horn T. 1955. Dokumentacja geologiczna otworu: Pagórki IG-1. Inw. 8029, 3927/143,CAG PIG, Warszawa.
- Jaśkowiak M. 1957. Pomiary geofizyczne + karta otworu wiertniczego Pagórki IG-1. Inw. 43390, CAG PIG, Warszawa.
- Manet J., Górska I., Rudowicz J. 1957. Pomiary geofizyczne + karta otworu wiertniczego Pagórki IG-1. Inw. 37153, 3927/246, CAG PIG, Warszawa.

5.20. PODTYMIEŃ K-69

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 600,1 m
Rok zakończenia wiercenia: 1958
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	173,7	kenozoik
173,7	412,0	jura
412,0	600,1	perm

Wyniki badań skał: w NAG znajduje się tylko karta otworu Podtymień K-69, na której brak informacji o wykonanych badaniach.

Wyniki geofizyki otworowej, objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: brak danych

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Karta otworu Podtymień K-69. Inw. 56441, CAG PIG, Warszawa.

5.21. PONĘTÓW 1

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 3007,0 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 3007,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1973
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	47,0	kenozoik
47,0	189,0	mastrycht
189,0	680,0	kampan
680,0	971,0	santon
971,0	1170,0	koniak
1170,0	1515,0	turon
1515,0	1565,0	cenoman
1565,0	1580,0	alb górny

1580,0	1671,0	alb środkowy - alb dolny
1580,0	*1671,0*	*ogniwo kruszwickie*
1671,0	1688,0	apt
1671,0	*1688,0*	*ogniwo goplańskie*
1688,0	1712,0	barrem
1688,0	*1712,0*	*ogniwo pagórczańskie*
1712,0	1749,0	hoteryw górny
1712,0	*1749,0*	*ogniwo żychlińskie*
1749,0	1761,0	hoteryw dolny
1749,0	*1761,0*	*ogniwo gniewkowskie*
1761,0	1769,0	walanżyn górny
1761,0	*1769,0*	*ogniwo wierzchosławickie*
1769,0	1843,0	walanżyn dolny
1769,0	*1812,0*	*formacja bodzanowska*
1812,0	*1880,0*	*formacja rogoźniańska*
1843,0	1880,0	berias górny - berias środkowy
1880,0	2013,5	berias dolny
2013,5	2048,0	tyton
2048,0	2157,0	kimeryd górny
2157,0	2257,0	kimeryd dolny
2257,0	2675,0	oksford
2675,0	2679,0	kelowej
2679,0	2741,5	baton górny
2741,5	2775,0	baton środkowy
2775,0	2800,0	baton dolny
2800,0	2888,0	bajos górny
2888,0	2900,0	bajos dolny
2900,0	2910,0	aalen górny
2910,0	2950,0	aalen dolny
2950,0	3007,0	toark górny
2950,0	*3007,0*	*formacja borucicka*

Wyniki badań skał:
W dokumentacji wynikowej otworu wiertniczego Ponętów 1 (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973) znajdują się wyniki analiz fizyko-chemicznych 9 próbek z kredy dolnej z interwału 1720,0–1723,0 m, 12 próbek z jury górnej z interwału 2013,5–2668,6 m, 4 próbek z jury środkowej z interwału 2701,3–2851,5 m oraz 8 próbek z jury dolnej z interwału 2914,3–3005,4 m wraz z oznaczeniem porowatości, przepuszczalności i zawartości bitumin. Ponadto wykonano 5 analiz wody złożowej – z utworów jury – oraz 3 analizy gazu – z utworów jury (Tab. 5.16–5.18). Ponadto wykonano oznaczanie zawartości dolomitu i kalcytu oraz analizy mikrofaunistyczne w próbkach z kredy i jury.

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja wynikowa otworu Ponętów 1 (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973) zawiera wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanych w następującym zakresie (dla wymienionych profilowań w CBDG brak plików LAS):

- mikroprofilowania oporności (mPO): 1342– 2009 m,
- profilowanie naturalnego promieniowania gamma (PG): 0,5–2994 m,
- profilowanie gazowe (PGaz): 1795–2320 m,
- profilowanie krzywizny odwiertu (PK): 25–3000 m,
- profilowanie neutron–gamma (PNG): 0,5–2994 m,
- profilowania oporności standardowe (PO): 1342–2349 m,
- prof. oporności sondą gradientową POg: 133–2996 m,
- profilowanie oporności sterowane (POst): 2883–2996 m,
- profilowanie potencjałów naturalnych (PS): 133–2878 m,
- profilowanie średnicy otworu (PSr): 133–2996 m,
- profilowanie temperatury po cementowaniu PTc: 5–2262 m.

Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Ponętów 1 (Jurek i Klecan, 1973) zawiera wyniki pomiarów wykonanych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG dostępne są pliki LAS):

- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony (Tx2): 20–2860 m,
- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany (TW): 20–2860 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW1): 109–2869 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW2): 124–2869 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW3): 139–2869 m,
- profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_(PO) 109–2869 m,
- profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. (DT_VSP): 20–2860 m.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: obserwacje zgazowania płuczki, zaniki płuczki oraz wyniki przeprowadzonych prób złożowych zestawiono w Tab. 5.19–5.21.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Lis-Martyniak B., Franaszek L. 1973. Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Ponętów 1 [zawiera kartę otworu]. Inw. 117717, CAG PIG, Warszawa.

- Jurek J., Klecan A. 1973. Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Ponętów 1. Inw. P108 VS, CAG PIG, Warszawa.
- Szporko R. 1976 Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1975. Inw. 20716, ObO/1720, CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość Min.–Max.	Przepuszczalność Min.–Max.	Bituminy Min.–Max.
		[%]	[mD]	[%]
kreda dolna	9	4,81–16,02	406,7–1583,8	0,005–0,015
jura górna	12	0,41–4,17	0	0,011–0,031
jura środkowa	4	4,53–9,47	0–3,2	0,011–0,021
jura dolna	11	1,63–5,45	0	0,006–0,018

Tab. 5.16. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z interwału 1723,0–1720,0 m (kreda dolna), z interwału 2013,5–2668,6 m (jura górna), z interwału 2701,3–2851,5 m (jura środkowa) oraz z interwału 2914,3–3005,4 m (jura dolna) w otworze Ponętów 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Składniki	g/l
2638,8–2720,0	jura	próbnik złoża	Cl^-	90,67
			Br^-	0,1611
			HCO_3^-	0,1586
			SO_4^{2-}	0,9505
			J^-	ślady
			Ca^{2+}	4,5
			Mg^{2+}	0,79
			Na/K^+	45,703/0,125
			Al/Fe^{3+}	0,2023
			PH	5,65
			mineralizacja	133,1
2830,0–2840,0	jura	próbnik złoża	Cl^-	114,1812
			Br^-	0,3984
			HCO_3^-	0,3234
			SO_4^{2-}	0,2592
			J^-	0
			Ca^{2+}	17,074
			Mg^{2+}	2,6753
			Na/K^+	47,81/0,1
			Al/Fe^{3+}	1,4633
			PH	6,2
			mineralizacja	185,26
2325,0–2340,0	jura	próbnik złoża	Cl^-	38,8514
			Br^-	0,0932
			HCO_3^-	0,6834
			SO_4^{2-}	1,5431
			J^-	0
			Ca^{2+}	2,4048
			Mg^{2+}	0,3648
			Na/K^+	22,4843/0,025
			Al/Fe^{3+}	0,1154
			PH	6,5
			mineralizacja	67,038

Tab. 5.17. Wyniki analiz wody i filtratu w otworze Ponętów 1 (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973).

Głębokość [m	Stratygrafia	Metoda	Składniki	% obj.
2638,8-2720,0	jura	próbnik złoża	CH_4	73,3
			C_2H_6	4,88
			C_3H_8	2,34
			$i\text{-}C_4H_{10}$	0,2
			$n\text{-}C_4H_{10}$	0,47
			$i\text{-}C_5H_{12}$	0,06
			$n\text{-}C_5H_{12}$	0,05
			CO_2	0

			N_2	16,32
			H_2S	0
			H_2	1,98
2638,8-2720,0	jura	degazacja solanki	CH_4	74,48
			C_2H_6	19,05
			C_3H_8	3,97
			C_4H_{10}	2,05
			C_5H_{12}	0,45
2638,8-2720,0	jura	degazacja solanki	CH_4	59,35
			C_2H_6	12,63
			C_3H_8	2,81
			C_4H_{10}	5,73
			C_5H_{12}	19,48
2830,0–2840,0	jura	próbnik złoża	CH_4	8,51
			C_2H_6	0,66
			C_3H_8	0,51
			CO_2	0
			N_2	83,13
			H_2S	0
			H_2	7,19
2325,0–2340,0	jura	próbnik złoża	CH_4	64,07
			C_2H_6	6,11
			C_3H_8	2,39
			i-C_4H_{10}	0,31
			n-C_4H_{10}	0,5
			i-C_5H_{12}	0,1
			n-C_5H_{12}	0,08
			CO_2	0
			N_2	18,54
			H_2S	0
			H_2	7,9

Tab. 5.18. Wyniki analiz gazu (w czystym gazie) w otworze Ponętów 1 (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Objawy
od	do		
1770,0	1770,0	kreda dolna	zgazowanie płuczki
1820,0	1820,0	kreda dolna	zgazowanie płuczki

Tab. 5.19. Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia w otworze Ponętów 1 (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973) .

Głębokość [m]	Stratygrafia	Zanik płuczki [m^3/24h]
0–315,0	kenozoik - kreda	110 m^3/?
660,0	kreda	120 m^3/?
706,0		120 m^3/?
1647,8		30 m^3/h
1692,2		samoczynny wypływ wody 50l/s

Tab. 5.20. Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia (zaniki płuczki) w otworze Ponętów 1 (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Tempo prz. [m^3/h]
2830,0–2840,0	jura	perforacja, próbnik złoża	oczekiwano 70 min, stwierdzono 130 l/h płuczki z solanką z objawami gazu niepalnego	
2638,8–2720,0	jura	próbnik złoża	solanka zgazowana gazem ziemnym	3
2325,0–2340,0	jura	perforacja, próbnik złoża	przypływ solanki	1,4

Tab. 5.21. Rezultaty prób złożowych w otworze Ponętów 1 (Lis-Martyniak i Franaszek, 1973).

5.22. PONĘTÓW 2

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 2937,0 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 2937,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1992
Rdzenie: 1482,0–2923,0 m, 98 skrzynek, Centralny magazyn rdzeni wiertniczych w Chmielniku.

Dane geologiczne z otworu Ponętów 2 są własnością inwestora (ORLEN S.A.) i nie mogą być bezpośrednio przytoczone w niniejszym opracowaniu. Poniżej prezentujemy jedynie zakres wykonanych analiz.

Wyniki badań skał:
W dokumentacji wynikowej otworu wiertniczego Ponętów 2 (Sas-Korczyński i in., 1992) znajdują się wyniki analiz fizyczno-chemicznych 57 próbek z interwału 1684,0–2923,0 m wraz z oznaczeniem porowatości, przepuszczalności i zawartości bitumin. Ponadto wykonano 6 analiz wody złożowej – z utworów kredy i jury – oraz 1 analizę gazu – z utworów jury. W dokumentacji Obarowskiego i in. (2015) można znaleźć także wyniki badań pirolitycznych jury górnej z otworu Ponętów 2 (Tab. 3.3).

Wyniki geofizyki otworowej: Dokumentacja wynikowa otworu Ponętów 2 (Sas-Korczyński i in., 1992) zawiera wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanych w następującym zakresie (dla wymienionych profilowań w CBDG brak plików LAS):

- profilowanie akustyczne czasu interwałowego (PAdt): 155–2771 m,
- profilowanie czasu akustycznego T1 (PAt1): 155–2771 m,
- profilowanie czasu akustycznego T2 (PAt2): 155–2771 m,
- profilowanie naturalnego promieniowania gamma PG: 0–2771 m,
- profilowanie indukcyjne (PI): 215–2325 m,
- profilowanie krzywizny odwiertu (PK): 0–1666 m,
- profilowanie neutron–neutron termiczne PNNt: 0–2771 m,
- prof. oporności sondą gradientową POg: 215–2770 m,
- prof. oporności sondą potencjałową POp: 1706–2770 m,
- profilowanie oporności płuczki (POpl): 205– 2770 m,
- profilowanie oporności sterowane (POst): 1160–2770 m,
- profilowanie potencjałów naturalnych (PS): 215–2770 m,
- profilowanie średnicy otworu PSr: 215– 2770 m,
- prof. temp. przy nieust. równowadze term (PTn): 200–2770 m.

Dokumentacja pomiarów średnich prędkości i pomiarów pionowego profilowania sejsmicznego w otworze Ponętów 2 (Bałda i Korecki, 1992) zawiera wyniki pomiarów wykonanych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG dostępne są pliki LAS):

- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony (Tx2): 20–2740 m,
- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany (TW): 20–2740 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW1): 13–2753 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW2): 13–2753m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW3): 13–2753 m,
- profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_(PO) 13–2753 m,
- profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. (DT_VSP): 20–2740 m.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Sas-Korczyński S., Łucki M., Macek J., Ruman R. 1992. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Ponętów 2 [zawiera kartę otworu] Inw. 133009, CAG PIG, Warszawa.
- Bałda J., Korecki, P. 1992. Opracowanie badań sejsmometrycznych otworu Ponętów 2, Prędkości sejsmiczne, Pionowe profilowanie sejsmiczne, Profilowanie akustyczne Inw. P109 VS, CAG PIG, Warszawa.
- Obarowski M., Rosowski T., Mulińska M. 2015. Dokumentacja prac geologicz-

nych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny lub zasobów wód podziemnych na obszarze koncesji "Koło" (części bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230). Inw. 2721/2015, CAG PIG, Warszawa.

5.23. PRZYBYŁÓW 1

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 3857,0 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 3857,0 m
Rok zakończenia wiercenia: 1988
Rdzenie: 1481,0–3818,0 m, 108 skrzynek, Centralny magazyn rdzeni wiertniczych w Chmielniku.

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0	33,5	kenozoik
33,50	257,0	mastrycht
257,0	740,0	kampan
740,0	1112,0	santon
1112,0	1321,5	koniak
1321,5	1624,5	turon
1624,5	1699,5	cenoman
1699,5	1715,0	alb górny
1715,0	1819,0	alb środkowy - alb dolny
1715,0	*1819,0*	*ogniwo kruszwickie*
1819,0	1833,0	apt
1819,0	*1833,0*	*ogniwo goplańskie*
1833,0	1836,0	barrem
1833,0	*1836,0*	*ogniwo pagórczańskie*
1836,0	1866,0	hoteryw górny - walanżyn dolny
1836,0	*1866,0*	*formacja włocławska*
1866,0	1876,0	walanżyn dolny
1876,0	1887,0	berias górny - berias środkowy
1887,0	1962,0	berias dolny - tyton
1962,0	2123,0	kimeryd
2123,0	2540,0	oksford
2540,0	2547,0	kelowej
2547,0	2580,0	baton górny
2580,0	2625,0	baton środkowy
2625,0	2660,0	baton dolny
2660,0	2700,0	bajos górny
2700,0	2766,5	pliensbach
2766,5	2928,0	retyk - noryk
2928,0	3302,0	karnik
2928,0	*3105,0*	*gipsowe warstwy górne kajpru*
3105,0	*3159,0*	*piaskowiec trzcinowy*
3159,0	*3302,0*	*gipsowe warstwy dolne kajpru*
3302,0	3425,0	trias środkowy
3302,0	*3385,0*	*sulechowskie warstwy*
3385,0	*3425,0*	*wapień muszlowy górny*
3425,0	*3855,0*	*trias środkowy - trias dolny*
3425,0	*3697,0*	*wapień muszlowy*
3697,0	*3855,0*	*pstry piaskowiec*
3855,0	3857,0	perm górny
3855,0	3857,0	stropowa seria teryg. cechsztynu

Wyniki badań skał:
W dokumentacji wynikowej otworu wiertniczego Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989) znajdują się wyniki analiz fizyczno-chemicznych 68 próbek z kredy i jury oraz triasu z interwału 1481,0–3818,0 m (Pernal i Nowak, 1989) wraz z oznaczeniem porowatości, przepuszczalności, ciężaru objętościowego, nasycenia wodą i zawartości bitumin. Ponadto wykonano 7 analiz wody złożowej – z utworów jury i kredy – oraz 2 analizę gazu – z utworów jury (Tab. 5.22–5.24). Wykonano także analizy mikrofaunistyczne w próbkach z kredy, jury i triasu. W dokumentacji Obarowskiego i in. (2015) można znaleźć również wyniki badań pirolitycznych jury górnej z otworu Ponętów 2 (Tab. 3.3).

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja wynikowa otworu Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989) zawiera wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanych w następującym zakresie (dla wymienionych profilowań w CBDG brak plików LAS):

- profilowanie neutron-gamma (logPNG): 2190–2848 m,
- prof. oporności ster. (logPOst): 2209–3725 m,
- profilowanie akustyczne czasu interwałowego (PAdt): 850–3842 m,
- profilowanie czasu akustycznego T1 (PAt1): 850–3842 m,
- profilowanie czasu akustycznego T2 (PAt2): 850–3842 m,
- profilowanie naturalnego promieniowania gamma (PG): 0–3842 m,
- profilowanie indukcyjne (PI): 850–2206 m,
- profilowanie krzywizny odwiertu (PK): 0–3840 m,
- profilowanie neutron-gamma (PNG): 2190–3721 m,
- profilowanie neutron-neutron termiczne (PNNt): 0–3842 m,

- profilowania oporności standardowe (PO): 2209–3721 m,
- prof. oporności sondą gradientową (POg): 205–3844 m,
- prof. oporności sondą potencjałową (POp): 3650–3825 m,
- profilowanie oporności płuczki (POpl): 225–3700 m,
- profilowanie oporności sterowane (POst): 2209–3842 m,
- profilowanie potencjałów naturalnych (PS) : 205–3096 m,
- profilowanie średnicy otworu (PSr): 204–3840 m,
- prof. temp. przy nieust. równowadze term. (PTn): 225–3825 m,

Dokumentacja pomiarów średnich prędkości i pomiarów pionowego profilowania sejsmicznego w otworze Przybyłów 1 (Michalec i Bąk, 1989) zawiera wyniki pomiarów wykonanych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG dostępne są pliki LAS):

- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany podwojony (Tx2): 20–3840 m,
- profilowanie prędk. śr., czas interpolowany (TW): 20–3840 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW1): 20–3840 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW2): 20–3840 m,
- profilowanie prędk. śr., czas pomierzony Tr_(PW3): 20–3840 m,
- profilowanie prędk. śr., czas uśredniony Tr_(PO) 20–3840 m,
- profilowanie prędk. śr., gradient czasu interpol. (DT_VSP): 20–3840 m,

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: obserwacje zaniku płuczki, objawów ropy w rdzeniach oraz wyniki przeprowadzonych prób złożowych zestawiono w Tab. 5.25–5.27.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Pernal J., Nowak T. 1989. Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Przybyłów 1 [zawiera kartę otworu]. Inw. 131893, CAG PIG, Warszawa.
- Michalec J., Bąk E. 1989. Sprawozdanie z pomiarów sejsmometrycznych w otworze Przybyłów 1, Profilowanie prędkości średnich. Inw. P143 VS, CAG PIG, Warszawa.
- Obarowski M., Rosowski T., Mulińska M. 2015. Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny lub zasobów wód podziemnych na obszarze koncesji "Koło" (części bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230). Inw. 2721/2015, CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość Min.–Max. (średnia)	Przepuszczalność Min.–Max. (średnia)	Gęstość obj. Min.–Max. (średnia)
		[%]	[mD]	[%]
kreda	11	0,95–19,29 (15,44)	3020–0 (932,565)	2,13–2,61 (2,23)
jura	28	0,42–9,22 (1,657)	0 (0)	2,42–2,74 (2,63)
trias	3	0,93–5 (2,32)	0 (0)	2,56–2,66 (2,62)

Tab. 5.22. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z interwału 1668,0–1856,0 m (kreda), z interwału 1892,0–2588,0 m (jura), z interwału 3405,0–3718,05 m (trias) w otworze Przybyłów 1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Pernal i Nowak, 1989).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Składniki	g/l
2741,0–2747,0	jura	próbnik złoża	Cl^-	93,369
			Br^-	0,1905
			HCO_3^-	0,4271
			SO_4^{2-}	1,2633
			Ca^{2+}	7,2144
			Mg^{2+}	0,7904
			Na/K^+	51,9453
			Al/Fe^{3+}	0,0661

			PH	6,2
			mineralizacja	157
2125,0–2147,0	jura	perforacja, próbnik złoża	Cl^-	81,558
			HCO_3^-	1,0373
			Ca^{2+}	1,4028
			Mg^{2+}	0
			PH	7,5
1895,0–1945,0	jura	płyn złożowy z płuczką	Cl^-	29,7864
			HCO_3^-	1,2204
			Ca^{2+}	0,8016
			Mg^{2+}	0
			PH	10,5
1895,0–1911,0	jura	płyn złożowy z płuczką	Cl^-	38,2968
			HCO_3^-	0,6102
			Ca^{2+}	1,3026
			Mg^{2+}	0
			PH	9,5
1895,0–1945,0	jura	doperforowanie, próbka z obciążników	Cl^-	7,8012
			Br^-	nie ozn.
			HCO_3^-	0,659
			Ca^{2+}	0,2204
			Mg^{2+}	0,0304
			PH	6,8
1790,0–1807,0 i 1751,0–1768,0	kreda	perforacja, samoczynny wypływ	Cl^-	6,7374
			HCO_3^-	1,0251
			Ca^{2+}	0,2805
			Mg^{2+}	0,0243
			PH	7
1790,0–1807,0 i 1751,0–1768,0	kreda	perforacja, samoczynny wypływ	Cl^-	5,4963
			Br^-	0,0071
			HCO_3^-	0,4271
			SO_4^{2-}	0,2366
			J^-	0,0003
			Ca^{2+}	0,1002
			Mg^{2+}	0,0122
			Na/K^+	3,7059
			Al/Fe^{3+}	0,0084
			PH	6,5
			mineralizacja	1,00673

Tab. 5.23. Wyniki analiz wody i filtratu w otworze Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Składniki	% obj.
2741,0–2747,0	jura	próbnik złoża	CH_4	62,89
			C_2H_6	10,42
			C_3H_8	3,95
			i-C_4H_{10}	0,33
			n-C_4H_{10}	0,47
			i-C_5H_{12}	0,06
			n-C_5H_{12}	0,04
			CO_2	0,6
			N_2	21,49
			He	0,09
			H_2	0,09
1895,0–1911,0	jura	z płuczki	CH_4	66,16
			C_2H_6	4,02
			C_3H_8	0,62
			i-C_4H_{10}	0,03
			n-C_4H_{10}	0,11
			i-C_5H_{12}	ślad.
			n-C_5H_{12}	ślad.
			CO_2	0,02
			N_2	13,33
			He	0,07
			H_2	15,4

Tab. 5.24. Wyniki analiz gazu (w czystym gazie) w otworze Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989).

Głębokość [m]		Stratygrafia	Objawy
od	do		
1892,0	1942,0	jura górna	śladowe wycieki ropy ze spękań w wapieni, wyraźny zapach bitumiczny

Tab. 5.25. Objawy węglowodorów w rdzeniach w otworze Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Zanik płuczki [m^3/24h]
2051,0–2053,0	jura	8 m^3/?
2206,0		32 m^3/?
2440,0–2454,0		90 m^3/h
2454,0–2485,0		32 m^3/?
2498,0–2524,0		34 m^3/?
2498,0		samowypływ 6 m^3/h

Tab. 5.26. Objawy w trakcie wiercenia w otworze Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989).

Głębokość [m]	Stratygrafia	Metoda	Przypływ	Tempo prz. [m^3/h]
1895,0–1924,0	jura	próbnik złoża	nieudana –zatkana dysza próbnika	-
3360,0–3395,0	trias	perforacja, próbnik złoża	brak przepływu	-
2741,0–2747,0	jura	perforacja, próbnik złoża	solanka o min. 157,05 g/dm^3 z gazem ziemnych gazolinowym C_{1-7}=78,19%	4,2
2125,0–2147,0	jura	perforacja, próbnik złoża	woda złożowa mineralizacja 90 g/dm^3	1,6
1925,0–1945,0	jura	perforacja, próbnik złoża	brak przepływu	-
1895,0–1945,0	jura	doperforowanie	1895,0–1925,0 m (brak przypływu) powtórna perforacja 1895,0–1911,0 m, (C_{1-7}=70,94%), kwasowanie 1895,0–1945,0 m, przypływ wody złożowej min. 9 g/dm^3	6,5/19h
1790,0–1807,0 i 1751,0–1768,0	kreda	perforacja	samowypływ, wody złożowej min. 9 g/dm^3 temp 69°C	2,88

Tab. 5.27. Rezultaty prób złożowych w otworze Przybyłów 1 (Pernal i Nowak, 1989) .

5.24. WRZĄCA IGH-1

Głębokość otworu wg miary wiertniczej: 2934,8 m
Głębokość otworu wg miary geofizycznej: 2952,75 m
Rok zakończenia wiercenia: 1980
Rdzenie: brak

Stratygrafia (CBDG, 2022):

Głębokość [m]		Stratygrafia
od	do	
0,0	65,0	kenozoik
65,0	451,0	mastrycht
451,0	1280,0	kampan
1280,0	1779,0	santon
1779,0	2141,0	koniak
2141,0	2578,0	turon
2578,0	2705,5	cenoman
2705,5	2747,0	alb górny
2747,0	2862,5	alb środkowy - alb dolny
2747,0	*2862,5*	*ogniwo kruszwickie*
2862,5	2907,5	apt
2862,5	*2907,5*	*ogniwo goplańskie*
2907,5	2928,0	barrem
2907,5	*2928,0*	*ogniwo pagórczańskie*
2928,0	2934,8	hoteryw górny

Wyniki badań skał:

W dokumentacji końcowej badań geofizycznych otworu Wrząca IGH-1 (Ślaska-Duńczyk, 1981) znajdują się wyniki analiz fizyczno-chemicznych 62 próbek rdzeni z interwału 1790,0–2934,6 m (kreda; Tab. 5.28) oraz opis rdzeni, w tym opis mikroskopowy dwóch próbek z głębokości 2855,7 m i 2912,0 m.

Wyniki geofizyki otworowej:
Dokumentacja Ślaskiej-Duńczyk (1981) zawiera wyniki badań geofizyki wiertniczej wykonanych w następującym zakresie (dla podkreślonych profilowań w CBDG są dostępne pliki LAS):

- profilowanie naturalnego promieniowania gamma (PG): 0–2952,75 m,
- profilowanie neutron-gamma (PNG): 1–2940,75 m,
- prof. oporności EL09 (PO): 156–2934,75 m,
- prof. oporności EN10 (PO): 156,25–2935 m,
- profilowanie średnicy otworu (PSr): 0,25–2937,25 m.

Pomiarów średnich prędkości w otworze Wrząca IGH-1 nie wykonano.

Objawy węglowodorów w trakcie wiercenia i próby złożowe: nie wykonano.

Dokumentacje NAG PIG-PIB:

- Płochniewski Z. 1980. Aneks nr 3 do projektu badań dla rozpoznania wód termalnych o małej mineralizacji na obszarze Niżu Polskiego i Sudetów - dotyczy pogłębienia otworu Wrząca IGH-1. Inw. 11638d CUG,CAG PIG, Warszawa.
- Ślaska-Duńczyk M. 1980. Dokumentacja końcowa badań geofizycznych, odwiert Wrząca IGH-1, rejon Niecka Szczecińska-Łódzka. Inw. 133286, CAG PIG, Warszawa.

Stratygrafia	Liczba pomiarów	Porowatość efektywna Min.–Max. (średnia)	Porowatość całkowita Min.–Max. (średnia)	Przepuszczalność Min.–Max. (średnia)
		[%]	[%]	[mD]
koniak	43	0,13–3,51 (1,74)	1,17–9,24 (3,60)	<0,1
alb	4	12,1–15,41 (13,49)	–	130,0–330,0 (245,0)
apt	8	6,83–15,12 (11,68)	–	0,20–165,0 (45,45)
barrem	5	5,21–14,59 (8,81)	–	0,20–46,0 (14,14)
hoteryw	2	4,65–4,95 (4,80)	–	0,10–0,50 (0,30)

Tab. 5.28. Podsumowanie wyników badań fizyczno-chemicznych próbek pobranych z interwału 1790,0–2934,6 m (kreda) w otworze Wrząca IGH-1 (Ślaska-Duńczyk, 1980).

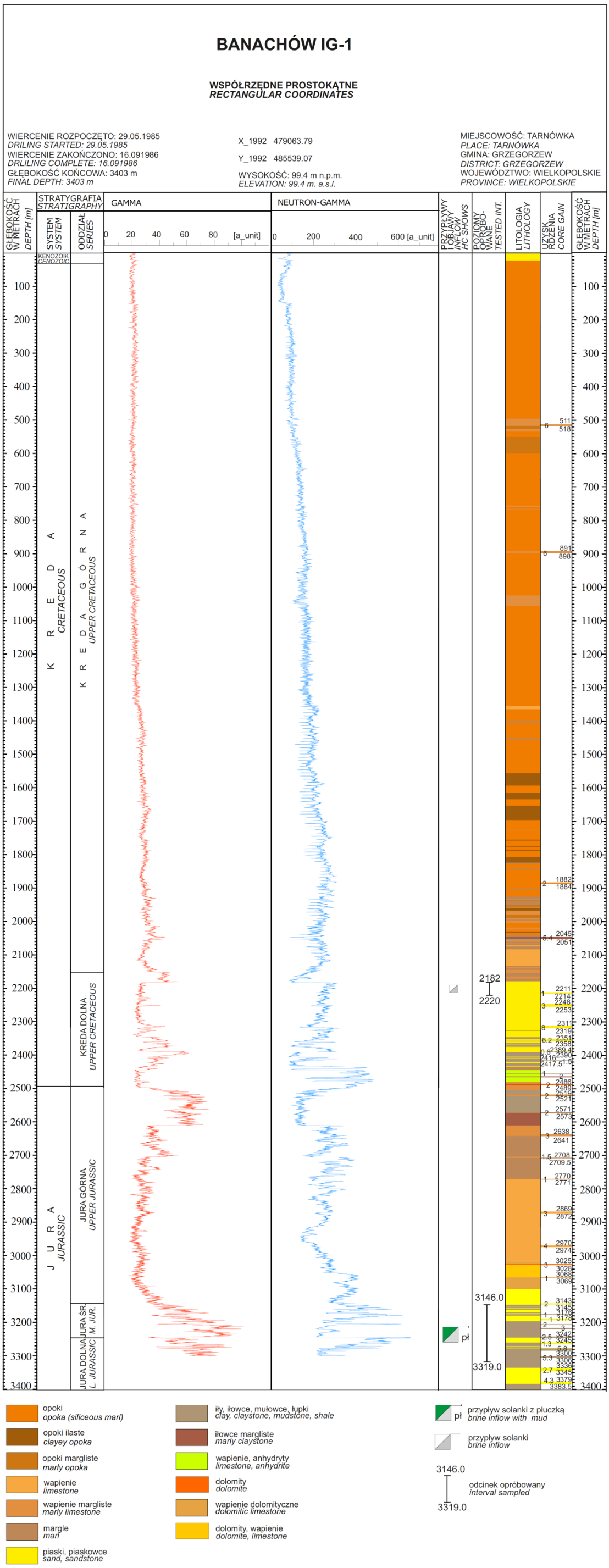


Fig. 5.2. Profil otworu Banachów IG-1 na podstawie dokumentacji wynikowej (Feldman i Marek, 1988).

6. SEJSMIKA

Obszar przetargowy Koło jest pokryty nierównomiernie rozłożoną siatką profili sejsmicznych. Znakomitą większość danych z zapisem cyfrowym wykonywano od 1974 do 1990 roku (Fig. 6.1–6.2, Tab. 6.1). W części północnej są to przede wszystkim profile pomierzone przez Przedsiębiorstwo Badań Geologicznych. W części południowej natomiast przeważają profile Geofizyki Kraków. W Tab. 6.1 zebrano listę profili, które znalazły się w granicach obszaru przetargowego Koło. Nowe pomiary zrealizowano dopiero w 2013 r. na zlecenie firmy Strzelecki Energia Sp. z o.o. w ramach koncesji Koło nr 53/2011/p. Znacząco wypełniły one południowo zachodnią część obszaru.

W granicach obszaru znalazły się również profile refrakcyjne wykonane w ramach Programu Głębokich Sondowań Sejsmicznych w 1993 roku oraz projektów CELEBRATION 2000 i Sudetes z 2003 roku, które jednak ze względu na specyfikę, zasięg i cel badań, nie są wykorzystywane do celów poszukiwawczych i nie zostały uwzględnione na liście profili, podobnie jak pozostałe profile, których długość w granicach obszaru jest krótsza niż 2 km.

Lista badań sejsmicznych wykonanych na obszarze Koło została zestawiona w Tab. 6.1.

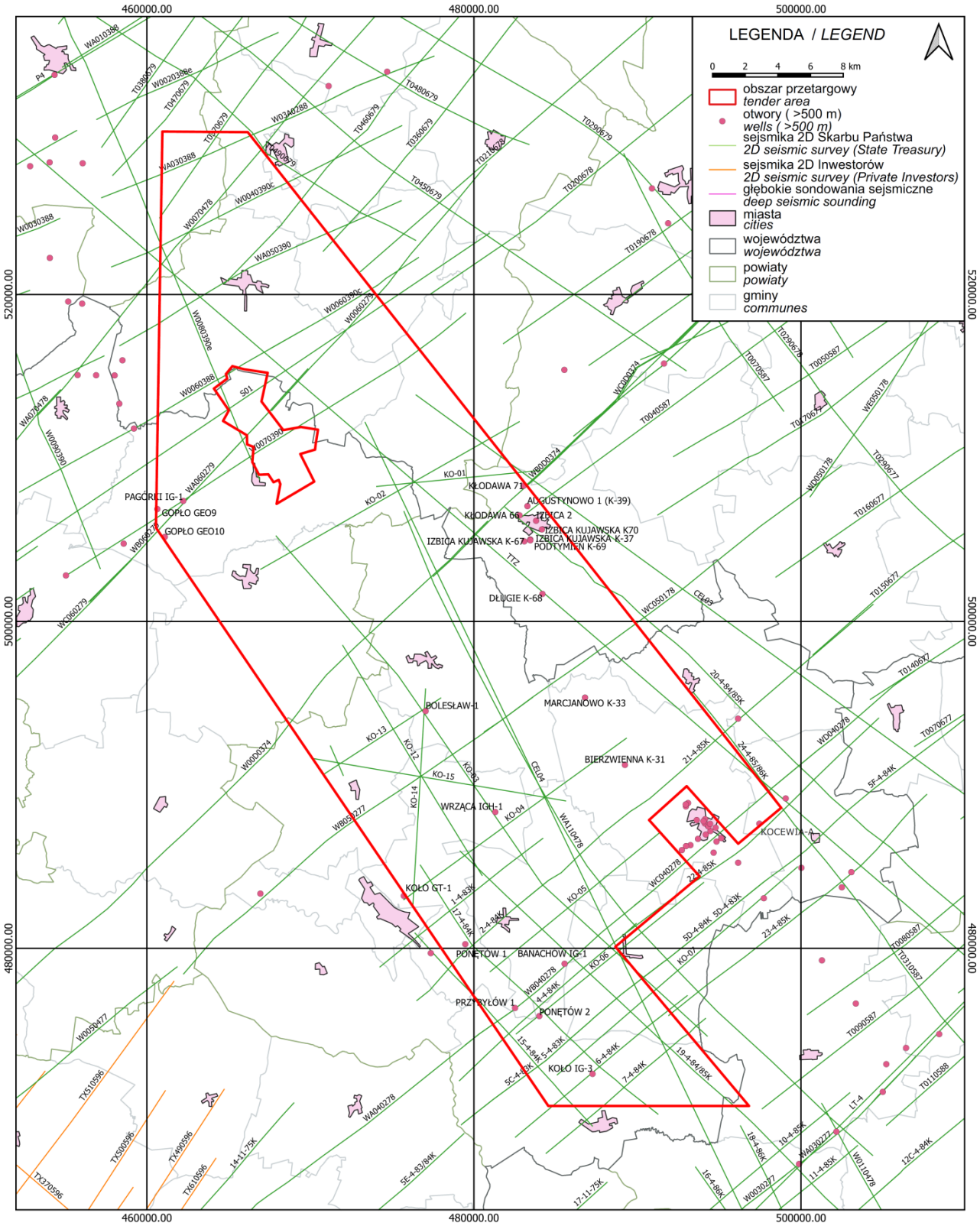


Fig. 6.1. Badania sejsmiczne wykonane w rejonie obszaru przetargowego Koło (CBDG, 2022).

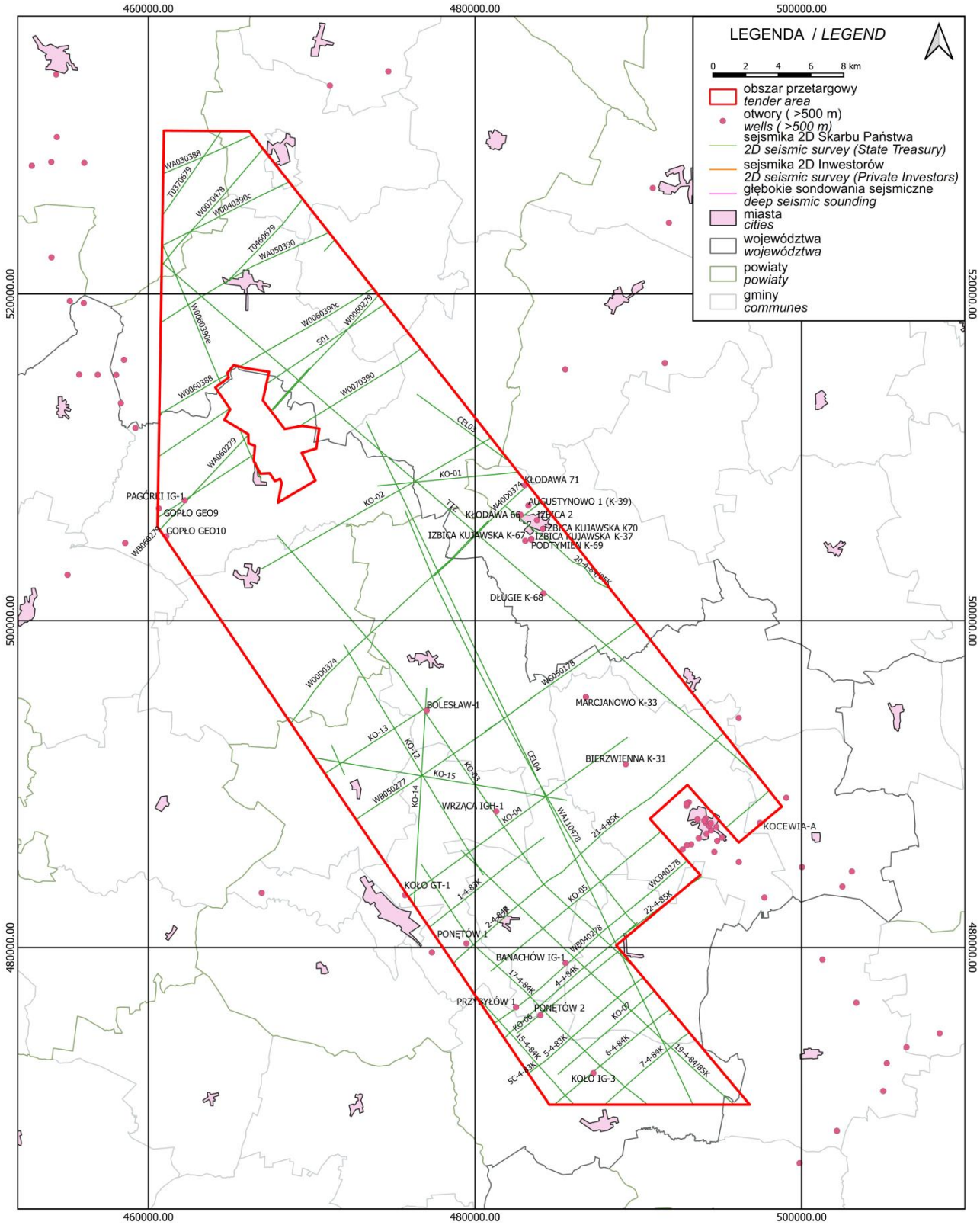


Fig. 6.2. Badania sejsmiczne wykonane w granicach obszaru przetargowego Koło (CBDG, 2022).

NAZWA	ROK WYKO-NANIA	TEMAT	KONCESJE (dla badań wykonanych po 2001 r.)	WŁAŚCICIEL	DŁUGOŚĆ [km]
W00D0374	1974	Profile Regionalne		Skarb Państwa	17,38
WA0D0374	1974	Profile Regionalne		Skarb Państwa	8,01
W0070478	1978	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	9,48
WA110478	1978	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	29,33
WB040278	1978	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	13,00
WB050277	1978	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	13,22
WC040278	1978	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	7,69
WC050178	1978	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	11,42
T0370679	1979	Włocławek-Płock		Skarb Państwa	6,31
T0460679	1979	Włocławek-Płock		Skarb Państwa	7,00
W0060279	1979	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	9,56
WA060279	1979	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	11,45
WB060279	1979	Mogilno-Pabianice		Skarb Państwa	9,69
1-4-83K	1983	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	8,91
5C-4-83K	1983	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	9,18
15-4-84K	1984	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	9,09
17-4-84K	1984	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	20,36
2-4-84K	1984	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	7,82
4-4-84K	1984	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	10,78
5-4-83K	1984	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	9,18
6-4-84K	1984	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	9,17
7-4-84K	1984	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	6,81
19-4-84/85K	1985	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	22,85
20-4-84/85K	1985	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	8,25
21-4-85K	1985	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	15,70
22-4-85K	1985	Ponętów-Wartkowice		Skarb Państwa	4,74
W0060388	1988	Ciechocinek-Brześć Kuj.-Wojszyce		Skarb Państwa	9,50
WA030388	1988	Ciechocinek-Brześć Kuj.-Wojszyce		Skarb Państwa	5,95
W0040390c	1990	Ciechocinek-Brześć Kuj.-Wojszyce		Skarb Państwa	8,72
W0060390c	1990	Ciechocinek-Brześć Kuj.-Wojszyce		Skarb Państwa	7,21
W0070390	1990	Ciechocinek-Brześć Kuj.-Wojszyce		Skarb Państwa	15,95
W0080390e	1990	Ciechocinek-Brześć Kuj.-Wojszyce		Skarb Państwa	12,62
WA050390	1990	Ciechocinek-Brześć Kuj.-Wojszyce		Skarb Państwa	11,72
KO-01	2013		Koło 53/2011/p	Skarb Państwa	8,64
KO-02	2013			Skarb Państwa	16,15
KO-03	2013			Skarb Państwa	34,68
KO-04	2013			Skarb Państwa	16,57
KO-05	2013			Skarb Państwa	13,47
KO-06	2013			Skarb Państwa	8,18
KO-07	2013			Skarb Państwa	7,81
KO-12	2013			Skarb Państwa	16,47
KO-13	2013			Skarb Państwa	8,53
KO-14	2013			Skarb Państwa	13,32
KO-15	2013			Skarb Państwa	15,65
				Skarb Państwa	527,52

Tab. 6.1. Lista linii sejsmicznych 2D (dłuższych niż 2 km) w granicach obszaru przetargowego Koło.

7. BADANIA GRAWIMETRYCZNE, MAGNETYCZNE I MAGNETOTELLURYCZNE

7.1. BADANIA GRAWIMETRYCZNE

Badania grawimetryczne w rejonie obszaru przetargowego Koło mają swój początek w latach 60-tych XX w. Wykonano wówczas trzy zdjęcia o charakterze półszczegółowym (Fig. 7.1). Pierwszym było zdjęcie Gostynin-Łowicz-Ponętów-Poddębice (Soćko, 1966) o średnim zagęszczeniu 1,9 pkt/km^2 – obejmujące południową część omawianego obszaru. W kolejnych latach prace kontynuowano w ramach tematów Mogilno-Konin-Uniejów (Reczek, 1967) oraz Antyklinorium Kujawskie i Rawsko-Gielniowskie (Łyszkowska i Kruk, 1969) – oba o średnim zagęszczeniu 2 pkt/km^2.

Współrzędne punktów pomiarowych wszystkich wymienionych powyżej zdjęć zostały wyznaczone w układzie Borowa Góra, a wartości anomalii Bouguera obliczone w systemie poczdamskim z przyśpieszeniem normalnym. Stworzenie komputerowego banku danych grawimetrycznych umożliwiło opracowanie i opublikowanie Atlasu grawimetrycznego Polski (Królikowski i Petecki, 1995), w którym anomalie grawimetryczne zostały obliczone 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. Tak opracowane dane pomiarowe zdjęcia poszczegółowego są dostępne w CBDG, w postaci cyfrowego banku danych. Współrzędne stacji (punktów) zostały przeliczone na układ 1992 przez Instytut Geodezji i Kartografii (Kryński, 2007). Należy jednak pamiętać, że tak przeliczone lokalizacje charakteryzują się błędem przekraczającym w niektórych przypadkach 100 m. Problem ten zostanie wyeliminowany w ciągu najbliższych lat ponieważ w 2021 r. rozpoczęto realizację I etapu projektu realizowanego na zlecenie Ministerstwa Klimatu i Środowiska, a finansowanego przez NFOŚiGW, którego celem jest m.in. korekta błędów lokalizacji stanowisk grawimetrycznych, błędów wyrównania osnowy grawimetrycznej, wykonanie nowej redukcji danych z uwzględnieniem współcześnie obowiązujących systemów odniesienia. W efekcie (który ma zostać osiągnięty w połowie 2024 r.) danym grawimetrycznym m.in. pokrywającym obszar przetargowy Koło zostaną przypisane poprawne lokalizacje określone w państwowym układzie współrzędnych geodezyjnych PUWG 1992.

Wyżej opisane problemy z układem Borowa Góra nie dotyczą zdjęć szczegółowych.

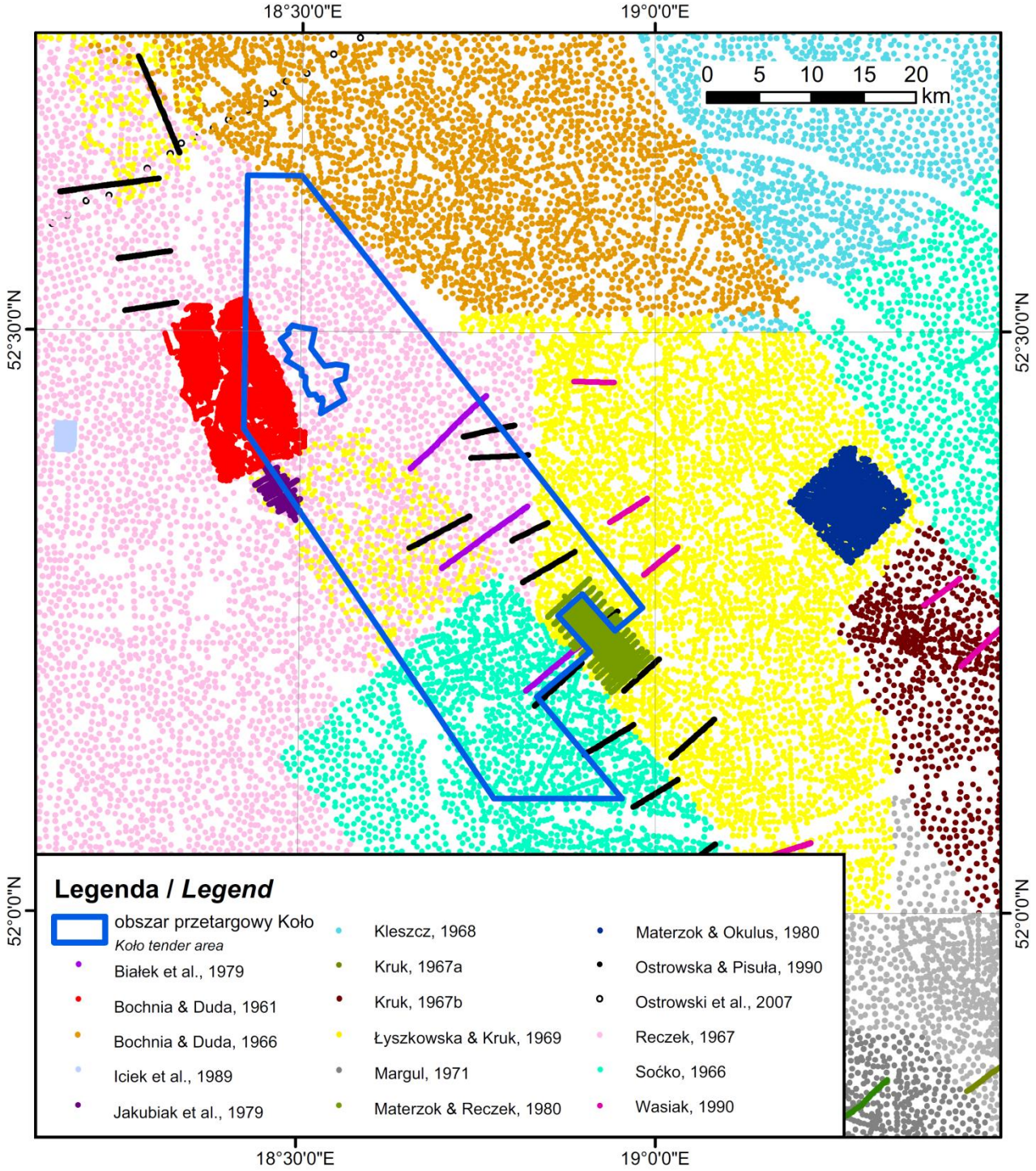


Fig. 7.1. Lokalizacja stanowisk grawimetrycznych z pomiarów półszczegółowych i szczegółowych na obszarze przetargowym Koło (na podstawie danych CBDG, 2022).

Znacząca część szczegółowych badań grawimetrycznych wykonanych w rejonie obszaru przetargowego Koło, bądź w jego najbliższym otoczeniu, ukierunkowana była na poszukiwanie złóż węgla brunatnego. W ramach zdjęcia na złożu Lubstów (Jakubiak i in., 1979) wykonano 13 profili z 20-metrowym krokiem pomiarowym. Kolejne zdjęcia (również profilowe) wykonywano z krokiem 100m (Ostrowska i Pisuła, 1990; Wasiak, 1990).

Celem badawczym rozproszonego zdjęcia widocznego na Fig. 7.1 w północno-zachodniej części obszaru przetargowego była antyklina Gopła. Zdjęcie to zostało wykonane ze średnim zagęszczeniem 15 pkt/km^2. Dodatkowo wykonano 25 profili pomiarowych z krokiem 300 m.

Już poza obszarem przetargowym, ale w jego bliskim sąsiedztwie, zostały wykonane dwa szczegółowe zdjęcia ukierunkowane na

badanie struktur solnych w Kłodawie (Materzok i Reczek, 1980) i Łaniętach (Materzok i Okulus, 1980). Nad wysadem solnym Kłodawa pomiary zostały wykonane w regularnej siatce pomiarowej, przy czym w centralnej części bok siatki wynosi 50 m, w strefie okalającej – 100 m, a dodatkowo wykonanych zostało kilka profili oddalonych od siebie o 500–600 m, zapewniających tzw. warunki brzegowe przy interpretacji uzyskanej w wyniku badań anomalii grawimetrycznej. Zdjęcie w rejonie wysadu solnego Łanięta zostało wykonane w podobnej konwencji – w wyniku osiągnięto średnie zagęszczenie 16 pkt/km^2.

Bogaty materiał pomiarowy stał się podstawą do wielu opracowań interpretujących obraz grawitacyjny (np. Dziewińska i Skorupa, 1974; Gaczyński i in., 1986; Grobelny, 1968; Grzywacz, 1974; Kozera i Wronicz, 1976; Królikowski i in., 1986).

Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera została przedstawiona na Fig. 7.2. Według podziału na regiony grawimetryczne, zaproponowanego przez Królikowskiego i Peteckiego (1995), obszar przetargowy Koło znajduje się na północno-wschodnim obrzeżeniu Niżu Szczecińsko-Mogileńsko-Miechowskiego, a krawędź obszaru przebiega wzdłuż strefy gradientowej oddzielającej wymieniony region od Niżu Kujawskiego. Na mapie anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera (Fig. 7.2). Niż Kujawski zaznacza się jako anomalia względnie dodatnia, ale są to jednak nadal ujemne wartości Δg. Królikowski i Petecki (1995) skłonni byli zakładać dominujący udział podłoża krystalicznego w powstaniu Niżu Szczecińsko-Mogileńsko-Miechowskiego. Nie wykluczyli jednakże wpływu orogenu waryscyjskiego, który mógł nasunąć znaczne ilości materiału skalnego o obniżonych gęstościach.

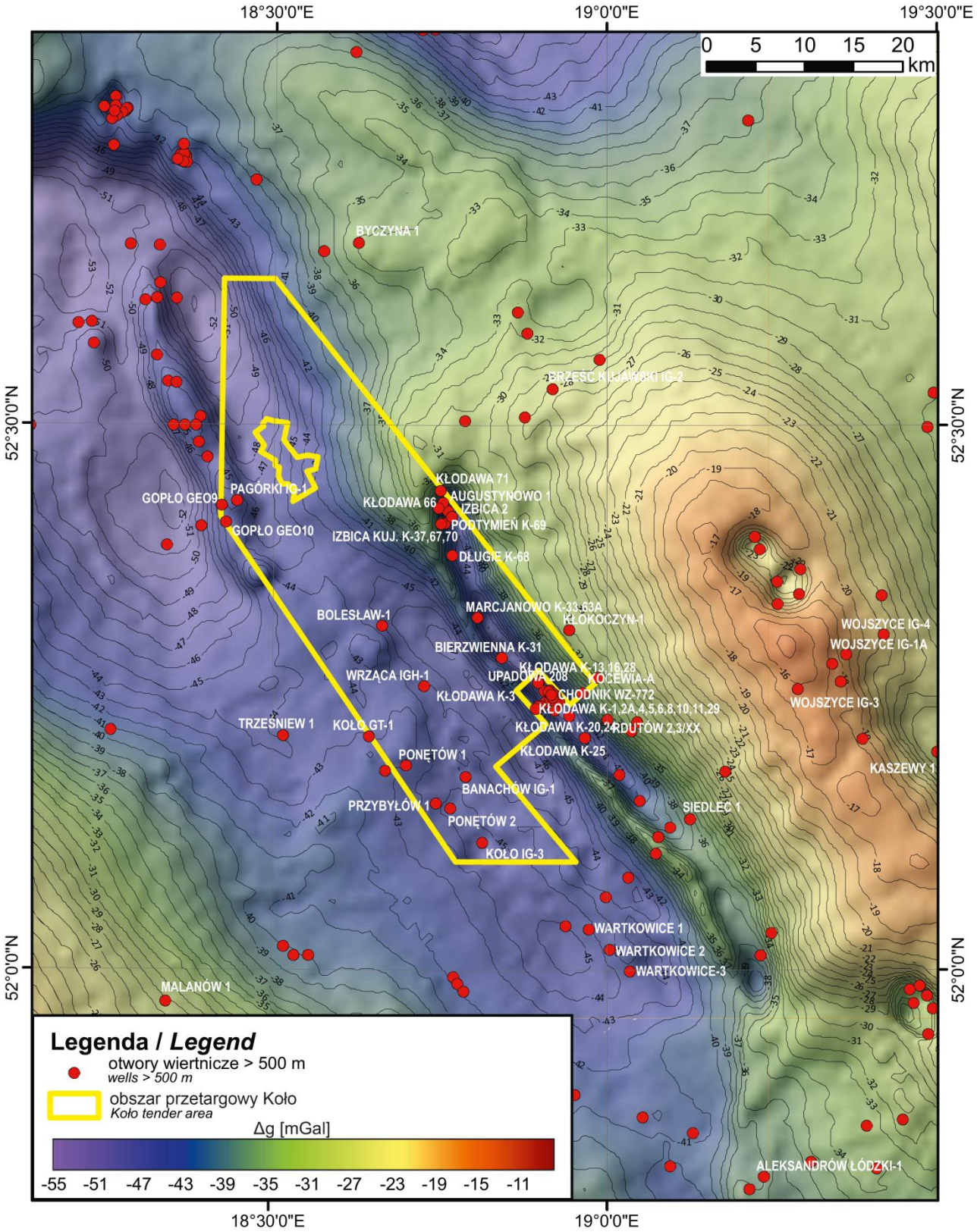


Fig. 7.2. Mapa anomalii grawimetrycznych w redukcji Bouguera w rejonie obszaru przetargowego Koło (Królikowski i Petecki, 1995).

Dokumentacje grawimetryczne

1. Białek A., Midura A., Okulus H. 1979. Dokumentacja sejsmicznych badań refleksyjnych oraz badań grawimetrycznych; temat: Mogilno-Pabianice, 1977-78. Inw. 20540, CAG PIG, Warszawa.
2. Bochnia N., Duda W. 1961. Sprawozdanie – Szczegółowe badania grawimetryczne na obszarze Antykliny Gopła,

1960. Inw. 1397/61, CAG PIG, Warszawa.
3. Bochnia N., Duda H. 1966. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Paraantyklinorium Kujawskie, rejon Brześcia Kujawskiego, 1965. Inw. 1242, CAG PIG, Warszawa.
4. Iciek A., Królikowski C, Linowski H., Midura A., Oleksiak J., Piwocki M., Soćko A. 1989. Budowa geologiczna Polski i poszukiwanie złóż surowców mineralnych. Cel nr 28. Opracowanie kompleksu nowoczesnych metod geofizycznych do poszukiwania i rozpoznawania złóż węgli brunatnych. Punkt kontrolny nr 5. Opracowanie kompleksu nowoczesnych metod geofizycznych do poszukiwania i rozpoznawania złóż węgli brunatnych. Kat. 3921/287, CAG PIG, Warszawa.
5. Jakubiak H., Wojas A., Okulus H. 1979. Dokumentacja badań geofizycznych. Temat: Złoże węgla brunatnego „Lubstów". Rok badań 1978. Inw. 12546c CUG, CAG PIG, Warszawa.
6. Kleszcz T. 1968. Dokumentacja badań grawimetrycznych, temat: „Synklinorium Pomorskie", 1967. Kat. G-231 PBG, CAG PIG, Warszawa.
7. Kruk B. 1967a. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych, tematy: 1. Antyklina Justynowa – Jeżowa, 1966-67, 2. Antyklinorium Kujawskie i Rawsko-Gielniowskie, 1967. Inw. 1432, CAG PIG, Warszawa.
8. Kruk B. 1967b. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Paraantyklinorium Kujawskie, rejon Wojszyc, 1966. Inw. 1303, CAG PIG, Warszawa.
9. Łyszkowska J., Kruk B. 1969. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych; temat: Antyklinorium Kujawskie i Rawsko-Gielniowskie, 1968. Kat. 43/157, CAG PIG, Warszawa.
10. Margul B. 1971. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych temat: Synklinorium łódzkie, 1970 r. Inw. 1636, CAG PIG, Warszawa.
11. Materzok W., Okulus H. 1980. Dokumentacja badań geofizycznych w rejonie wysadu solnego Łanięta, 1980. Inw. 21266, CAG PIG, Warszawa.
12. Materzok W., Reczek J. 1980. Dokumentacja badań geofizycznych; temat: Wysad solny „Kłodawa", rok 1979. Inw. 2067, CAG PIG, Warszawa.
13. Ostrowska K., Pisuła M. 1990. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych dla tematu: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych, II faza, 1990 rok. Inw. 1281/91, CAG PIG, Warszawa.
14. Ostrowski C., Stefaniuk M., Wojdyła M., Kosobudzka I. 2007. Dokumentacja badań geofizycznych. Temat: Pomiary polowe magnetotelluryczne, magnetyczne i grawimetryczne wzdłuż profilu Zgorzelec – Wiżajny wraz z ich przetworzeniem i interpretacją, 2005-20007. Inw. 3093/2014, CAG PIG, Warszawa.
15. Reczek J. 1967. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Mogilno – Konin – Uniejów, 1965/66. Kat. G-215 PBG, CAG PIG, Warszawa
16. Soćko A. 1966. Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Gostynin – Łowicz – Ponętów – Poddębice, 1965. Inw. 1252, CAG PIG, Warszawa
17. Wasiak J. 1990. Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych, II faza – 1989 r. Kat. G-570, Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa.

7.2. BADANIA MAGNETYCZNE

Pierwszym zdjęciem magnetycznym wykonanym w rejonie obszaru przetargowego Koło było zdjęcie (obecnie o wartości jedynie archiwalnej) pionowej składowej ziemskiego pola magnetycznego Z, o charakterze regio-

nalnym, tj. wykonane z zagęszczeniem rzędu 0,18 pkt/km^2 (Kozera, 1954, Fig. 7.3).

W latach 90-tych XX w. wykonano półszczegółowe zdjęcie całkowitego wektora natężenia ziemskiego pola magnetycznego T (Kosobudzka i Paprocki, 1997). Zdjęcie to zostało wykonane ze średnim zagęszczeniem 2 pkt/km^2. Przy jego realizacji, w celu eliminacji zakłóceń wywołanych zelektryfikowanymi liniami kolejowymi, zastosowano miejscami tzw. różnicową metodę pomiarową. Zastosowanie tej metody przejawia się charakterystycznym, pasmowym układem punktów pomiarowych (niemal cały obszar przetargowy Koło, Fig. 7.3).

Mapa anomalii magnetycznych ΔT została przedstawiona na Fig. 7.4. Według podziału zaproponowanego przez Peteckiego i Rosowiecką (2017), obszar przetargowy Koło znajduje się w domenie centralnej i zachodniej Polski (*CWPd – Central and Western Poland domain)*, która od północy ograniczona jest strefą gradientową Szczecin-Stargard Szczeciński-Piła-Inowrocław (Petecki, 2008).

Pole magnetyczne w tym rejonie jest pozbawione silnych lokalnych anomalii, co sugeruje bądź to obniżone (względem regionów sąsiadujących z omawianym obszarem) namagnesowanie skał podłoża krystalicznego, bądź niezaburzony tektonicznie i głęboko zalegający strop tegoż podłoża. *CWPd* charakteryzuje się obecnością miąższej górnej skorupy o obniżonych prędkościach sejsmicznych (Guterch i Grad, 2006) co częściowo również może odpowiadać za generalnie niższe wartości anomalii pola magnetycznego (Petecki i Rosowiecka, 2017)

Dokumentacje magnetyczne

1. Kosobudzka I., Paprocki A. 1997. Wykonanie półszczegółowych badań magnetycznych „T" w Polsce zachodniej, centralnej i południowo-wschodniej w latach 1995-1997. Inw. 812/98, CAG PIG, Warszawa.
2. Kozera A. 1954. Sprawozdanie z badań magnetycznych rejonu Niecki Nidziańskiej i Niecki Łódzkiej przeprowadzonych przez Grupę Magnetyczną II Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w roku 1953 zgodnie z Planem Technicznym IG. Inw. 5442, CAG PIG, Warszawa.

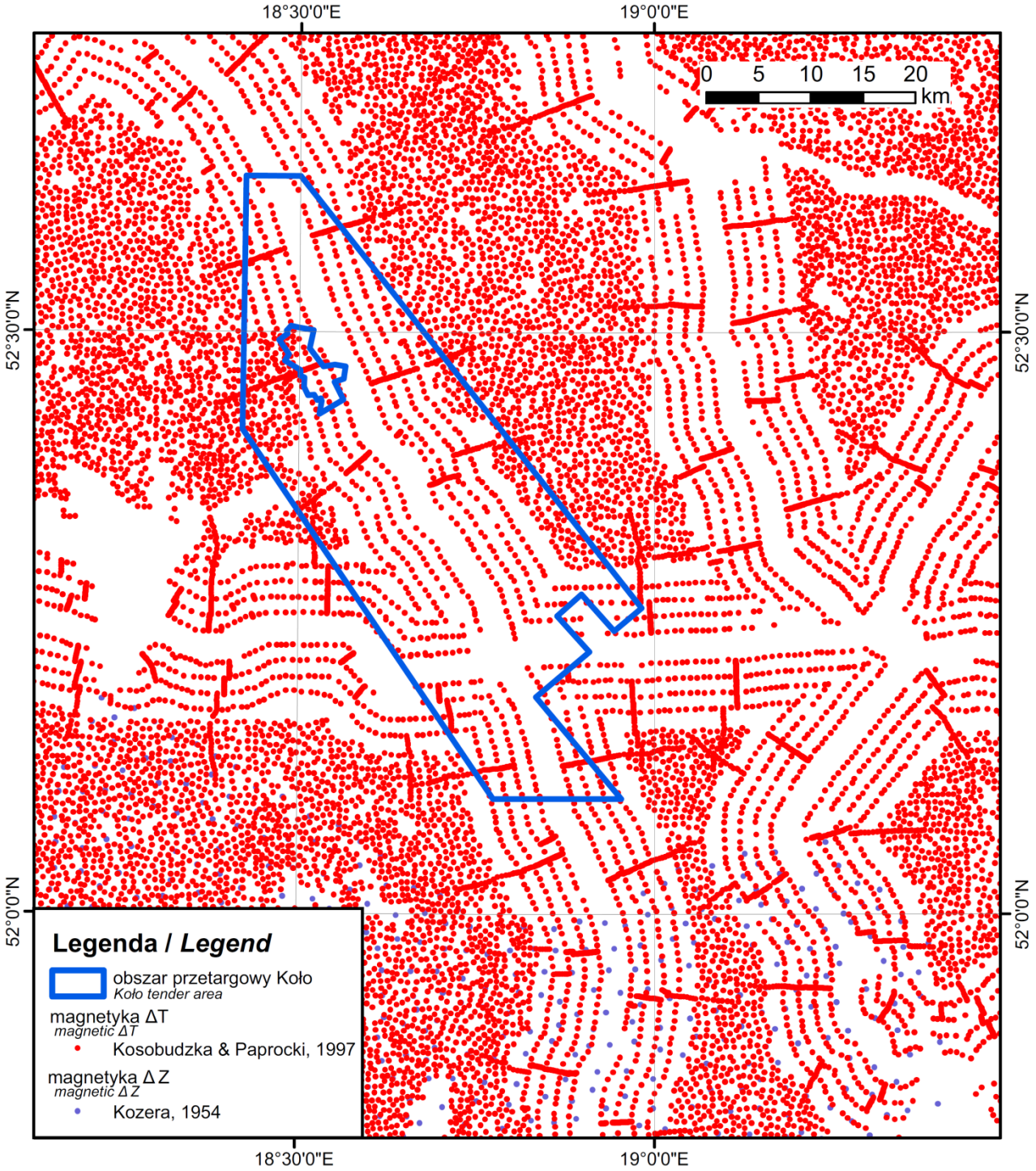


Fig. 7.3. Lokalizacja stanowisk pomiarowych pola geomagnetycznego na obszarze przetargowym Koło (CBDG, 2022).

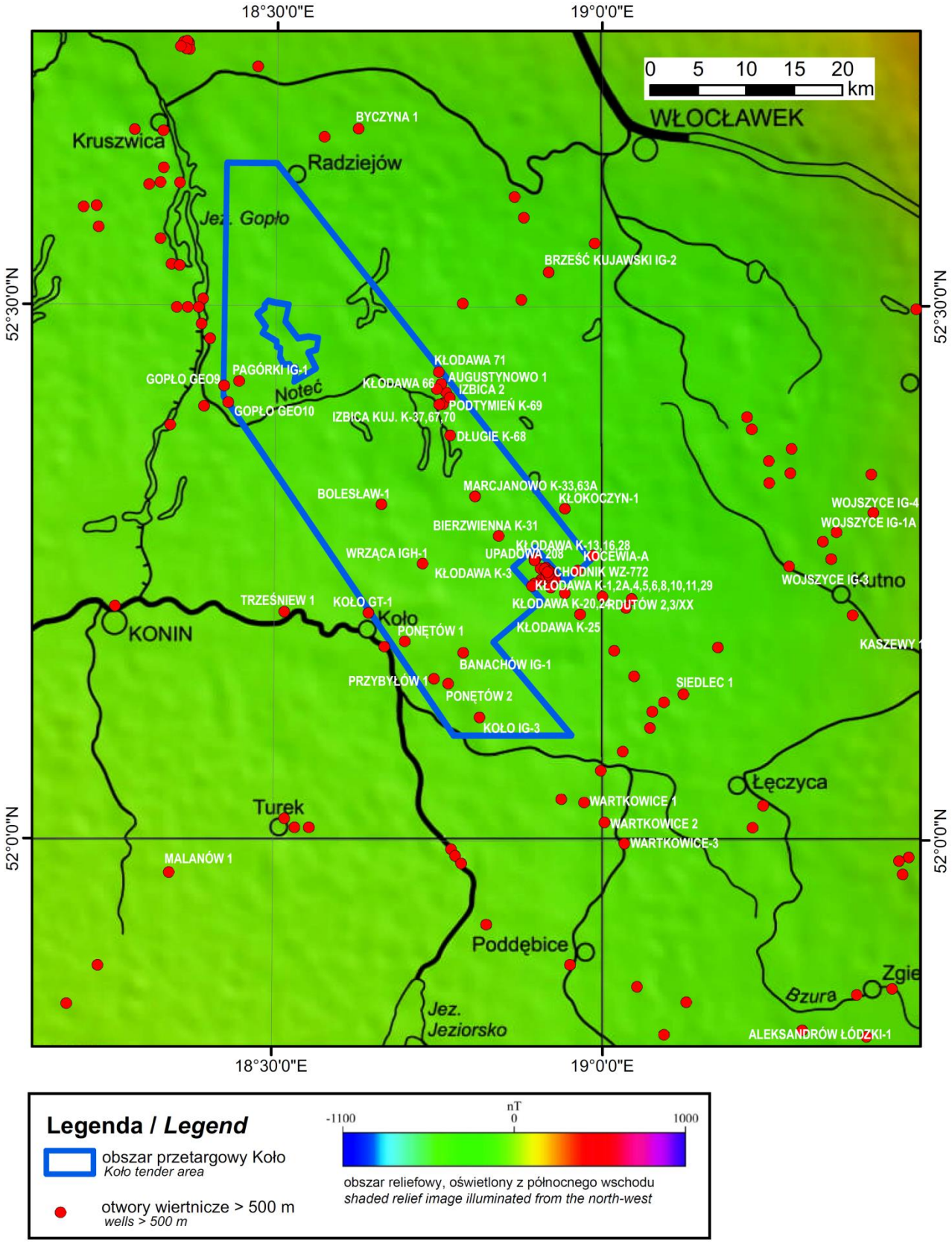


Fig. 7.4. Mapa anomalii modułu całkowitego pola geomagnetycznego T w rejonie obszaru przetargowego Koło (Petecki i Rosowiecka, 2017).

7.3. BADANIA MAGNETOTELLURYCZNE

Bezpośrednio w granicach obszaru przetargowego Koło nie wykonano jak do tej pory żadnych prac magnetotellurycznych. W bliskim sąsiedztwie, na północny-zachód od omawianego obszaru (Fig. 7.5) przebiega natomiast regionalny profil Zgorzelec-Wiżajny (Ostrowski i in., 2007). Postawionym zadaniem geofizycznym było tu rozpoznanie zróżnicowania opornościowego dolnej części skorupy ziemskiej i (w miarę możliwości) górnego płaszcza, a także dostarczenie danych o rozkładzie oporności służących do weryfikacji wyników interpretacji głębokich sondowań sejsmicznych wykonanych w ramach projektu POLONAISE'97 oraz danych grawimetrycznych i magnetycznych. Wyniki inwersji 2D – kroku przetwarzania danych magnetotellurycznych prowadzącego do interpretacji geologicznej – zostały przedstawione na Fig. 7.6. Krok pomiarowy wynoszący około 4 km nie pozwala na szczegółową analizę struktur podcechsztyńskich, zalegających w interwale głębokości 4–8 km, a także nie pozwala na śledzenie ciągłości pewnych granic opornościowych, np. w obszarze zaawansowanej tektoniki solnej. Stąd w opracowaniu zaproponowano zagęszczenie pomiarów, które jednak nie miało jak do tej pory miejsca.

Dokumentacje magnetotelluryczne

1. Ostrowski C., Stefaniuk M., Wojdyła M., Kosobudzka I. 2007. Dokumentacja badań geofizycznych. Temat: Pomiary polowe magnetotelluryczne, magnetyczne i grawimetryczne wzdłuż profilu Zgorzelec – Wiżajny wraz z ich przetworzeniem i interpretacją, 2005-2007. Inw. 3093/2014, CAG PIG, Warszawa.
2. Ościk M., Stefaniuk M. 2002. Badania geofizyczne na wysadzie solnym Góra k/Inowrocławia. Kat. E-1706, Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa.

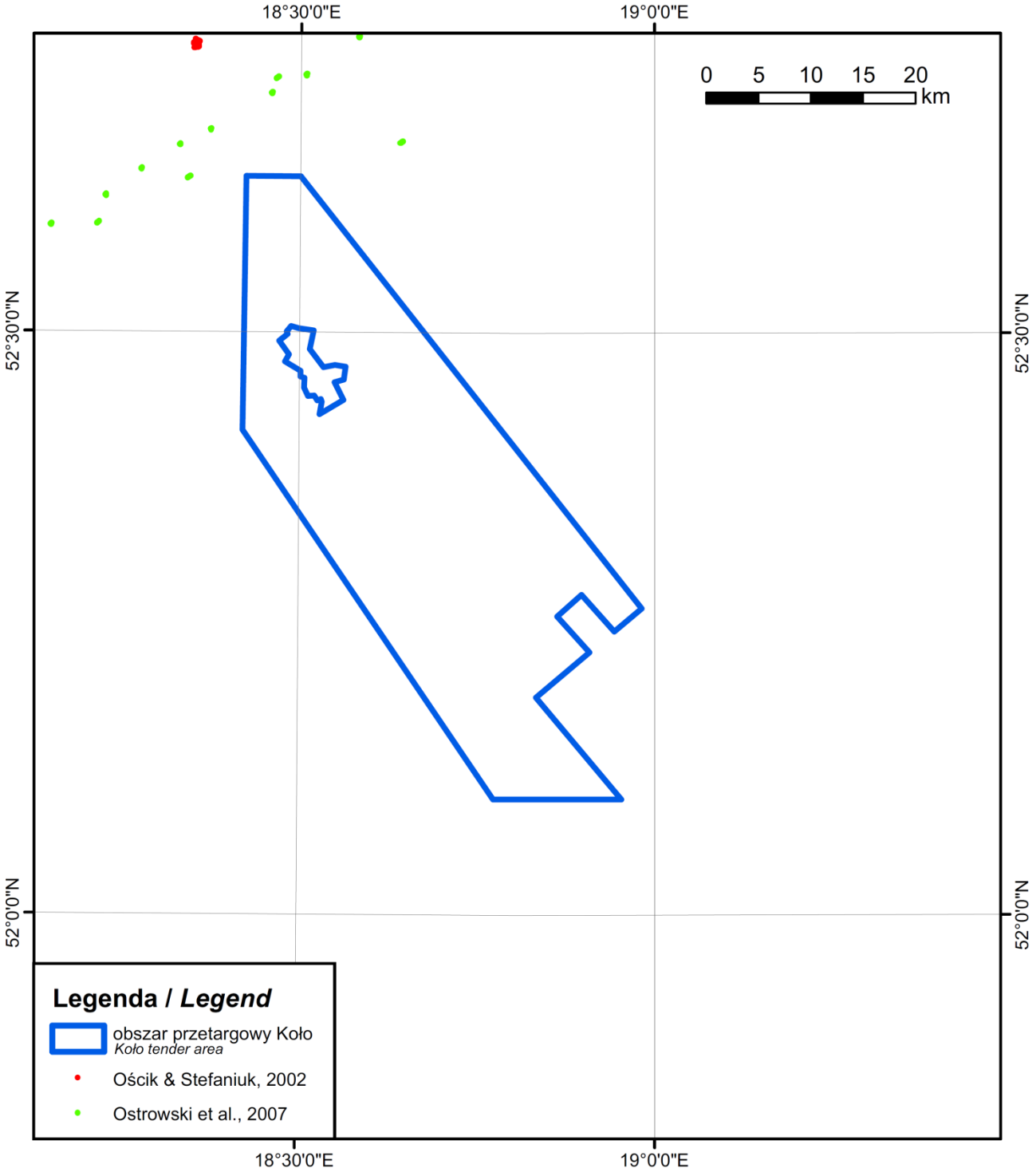


Fig. 7.5. Lokalizacja sondowań magnetotellurycznych na obszarze przetargowym Koło (na podstawie danych CBDG, 2022).

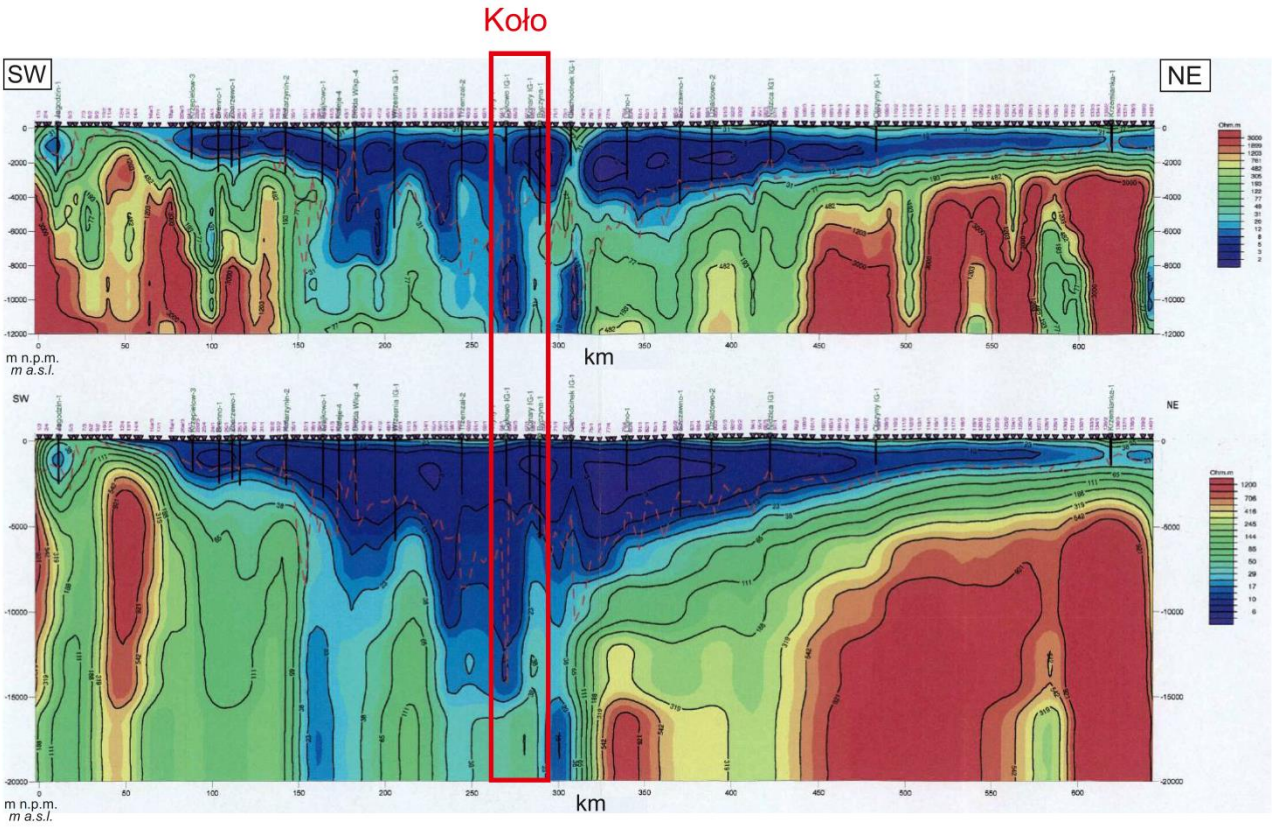


Fig. 7.6. Wyniki inwersji 2D wzdłuż profilu Zgorzelec-Wiżajny (Ostrowski i in., 2007) z zaznaczeniem odcinka sąsiadującego od NW z obszarem przetargowym Koło (czerwony kontur). Profil górny według algorytmu NLCG, model startowy – uproszczony przekrój geologiczny, błąd dopasowania danych obliczonych do empirycznych R.M.S. = 2.39. Profil dolny według algorytmu NLCG, model startowy – jednorodna przestrzeń o oporności 100 Ohm-m, błąd dopasowania danych obliczonych do empirycznych R.M.S. = 2.59.

8. PODSUMOWANIE

Perspektywy naftowe poszczególnych horyzontów stratygraficznych oraz związane z nimi koncepcje poszukiwawcze na obszarze przetargowym Koło zostały opisane w rozdziale 2. Ich podstawą są dane dotyczące systemów naftowych, złóż węglowodorów zlokalizowanych na obszarze przetargowym i w jego okolicy, otworów wiertniczych, sejsmiki i grawimetrii oraz magnetyki i magnetotelluryki (rozdziały 3–7). Poniżej zestawiono najważniejsze informacje o obszarze przetargowym Koło w formie karty informacyjnej, a także zaproponowano minimalny program fazy poszukiwawczo-rozpoznawczej przyszłej koncesji, której zakres umożliwiłby odkrycie złóż węglowodorów.

Karta informacyjna obszaru przetargowego Koło

Dane ogólne	**Nazwa obszaru:**	**Koło**
	Lokalizacja:	Na lądzie Arkusze mapy geologicznej w skali 1 : 50 000: Sompolno 478, Kłodawa 515, Koło 514, Radziejów 440, Dąbie 551, Jeziora Wielkie 439, Ślesin 477, Izbica Kujawska 479, Turek 550 Fragmenty bloków koncesyjnych nr: 189, 190, 209, 210 ,230 Położenie administracyjne: województwo kujawsko-pomorskie, powiat inowrocławski, gmina Kruszwica (2,58%), powiat radziejowski, gminy: Bytoń (2,70%), Piotrków Kujawski (11,22%), Radziejów - gm. miejska (0,14%), Radziejów - gm. wiejska (1,69%), Topólka (4,66%), powiat włocławski, gminy: Izbica Kujawska (7,18%), Lubraniec (0,04%); województwo łódzkie, powiat łęczycki, gmina Grabów (0,06%); województwo wielkopolskie, powiat kolski, gminy: Babiak (12,91%), Chodów (0,48%), Dąbie (5,69%), Grzegorzew (7,07%), Kłodawa (9,09%), Koło –gm. miejska (0,09%), Koło – gm. wiejska (6,84%), Olszówka (4,46%), Osiek Mały (4,13%), Przedecz (1,15%), powiat koniński, gminy: Sompolno (8,39%), Wierzbinek (9,43%)
	Typ:	poszukiwanie i rozpoznawanie złóż węglowodorów oraz wydobywanie węglowodorów ze złóż
	Czas obowiązywania:	koncesja na 30 lat w tym: faza poszukiwawczo-rozpoznawcza (5 lat), faza wydobywcza – po uzyskaniu decyzji inwestycyjnej
Udziały		zwycięzca przetargu 100%
Powierzchnia [km^2]		1035,32 km^2
Rodzaj złoża		(I) niekonwencjonalne złoża węglowodorów w utworach (łupkach) jury środkowej i górnej (II) konwencjonalne złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w utworach mezozoiku
Piętra strukturalne		kenozoiczne, laramijskie, waryscyjskie
Systemy naftowe		(I) niekonwencjonalny system naftowy w obrębie skał drobnoklastycznych jury (II) konwencjonalny system naftowy mezozoiku (trias, jura, kreda)
Skały zbiornikowe		(I) czarne łupki ilaste/mułowcowe oraz utwory ilasto-węglanowo-margiste jury środkowej (aalen/bajos, baton) i górnej (kimeryd, tyton) (II) piaskowce kwarcowe, drobno- i średnioziarniste przewarstwione mułowcami – piaskowiec trzcinowy; piaskowce kwarcowe, drobno- i średnioziarniste jury dolnej i środkowej; wapienie gąbkowe, ooidowe, margliste, dolomityczne i dolomity jury górnej; piaskowce kredy
Skały macierzyste		(I) czarne łupki ilaste/mułowcowe oraz utwory ilasto-węglanowo-margiste jury środkowej (aalen/bajos, baton) i górnej (kimeryd, tyton) (II) skały drobnoklastyczne karbonu?, łupki, mułowce i iłowce wapniste, margle jury środkowej i górnej
Skały uszczelniające		(I) czarne łupki ilaste/mułowcowe oraz utwory ilasto-węglanowo-margiste jury środkowej (aalen/bajos, baton) i górnej (kimeryd, tyton) (II) skały ilasto-ewaporatowe triasu, skały ilaste jury dolnej i środkowej, skały mułowcowo-ewaporatowe kredy dolnej, skały węglanowo-krzemionkowe (w tym opoki zwięzłe, margliste i ilaste), margliste i węglanowo-margliste kredy górnej
Typ pułapki		(I) niekonwencjonalne, ciągłe (II) strukturalne i kombinowane (strukturalno-stratygraficzne)
Złoża rozpoznane w pobliżu		brak
Zrealizowane zdjęcia sejsmiczne, rejon (właściciel)		1974 Profile Regionalne 2D, 2 profile (Skarb Państwa) 1978-1979 Mogilno-Pabianice 2D, 9 profili (Skarb Państwa) 1979 Włocławek-Płock 2D, 2 profile (Skarb Państwa) 1983-1985 Ponętów-Wartkowice 2D, 17 profili (Skarb Państwa) 1987-1990 Ciechocinek-Brześć Kuj.-Wojszyce 2D, 8 profili (Skarb Państwa) 2013 Strzelecki Energia Sp. z o.o. 2D, 11 profili (Skarb Państwa)

Otwory reperowe (głębokość)	AUGUSTYNOWO 1 (630,0 m) BANACHÓW IG-1 (3403,0 m) BIERZWIENNA K-31 (1020,4 m) BOLESŁAW-1 (1550,0 m) DŁUGIE K-68 (627,0 m) GOPŁO GEO9 (751,5 m) GOPŁO GEO10 (507,1 m) IZBICA 2 (1200,0 m) IZBICA KUJAWSKA K-37 (1212,3 m) IZBICA KUJAWSKA K-67 (521,0 m) IZBICA KUJAWSKA K-70 (590,5 m) KŁODAWA 66 (500,7 m) KŁODAWA 71 (510,0 m) KOCEWIA-A (542,7 m) KOŁO GT-1 (3905,0 m) KOŁO IG-3 (3905,0 m) MARCJANOWO K-33 (1002,7 m) PAGÓRKI IG-1 (1562,1 m) PODTYMIEŃ K-69 (600,1 m) PONĘTÓW 1 (3007,0 m) PONĘTÓW 2 (2937,0 m) PRZYBYŁÓW 1 (3857,0 m) WRZĄCA IGH-1 (2934,8 m)

Proponowany minimalny program prac fazy poszukiwawczo-rozpoznawczej

- Interpretacja i analiza archiwalnych danych geologicznych
- Wykonanie badań sejsmicznych 2D (co najmniej 100 km PW) albo 3D (co najmniej 50 km^2)
- Wykonanie jednego odwiertu wiertniczego o maksymalnej głębokości 5000 m TVD wraz z obligatoryjnym rdzeniowaniem interwałów perspektywicznych

9. MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

- **Andrews I.J. 2013.** The Carboniferous Bowland Shale gas study: geology and resource estimation: British Geological Survey for Department of Energy and Climate Change, London, UK.
- **Anthonsen K.L., Frykman P., Nielsen C.M. 2016.** Mapping of the CO2 storage potential in the Nordic region. *Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS) Bulletin*, **35**, 87–90.
- **Bałda J., Korecki, P. 1992.** Opracowanie badań sejsmometrycznych otworu Ponętów-2, Prędkości sejsmiczne, Pionowe profilowanie sejsmiczne, Profilowanie akustyczne Inw. P109 VS, CAG PIG, Warszawa.
- **Białek A., Midura A., Okulus H. 1979.** Dokumentacja sejsmicznych badań refleksyjnych oraz badań grawimetrycznych; temat: Mogilno-Pabianice, 1977-78. Inw. 20540, CAG PIG, Warszawa.
- **Bierkowska M. 1997.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Turek 0550. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Bloch J., Nocoń W., Jastrząb M. 1984.** Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Byczyna-1 [zawiera kartę otworu]. Inw. 129635, CAG PIG, Warszawa.
- **Bochnia N., Duda W. 1961.** Sprawozdanie – Szczegółowe badania grawimetryczne na obszarze Antykliny Gopła, 1960. Inw. 1397/61, CAG PIG, Warszawa.
- **Bochnia N., Duda H. 1966.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Paraantyklinorium Kujawskie, rejon Brześcia Kujawskiego, 1965. Inw. 1242, CAG PIG, Warszawa.
- **Botor D., Kosakowski P., Kuśmierek J., Maćkowski T. 2002.** Skalowanie jedno- i dwuwymiarowych modeli ekspulsji węglowodorów według progowych nasyceń skał macierzystych. *Przegląd Geologiczny*, **50**, 72–77.
- **Botor D., Papiernik, B. Maćkowski T., Reicher B., Kosakowski P., Machowski G., Górecki W. 2013.** Gas generation in Carboniferous source rocks of the Variscan foreland basin: implications for a charge history of Rotliegend deposits with natural gases. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **83**, 353–383.
- **Burliga S., Kolonko P., Misiek G., Czapowski G. 1995.** Kłodawa Salt Mine. Upper Permian (Zechstein) profile from basin center, salt tectonics, mineral transformations, salt mining problems. XIII International Congress on Carboniferous-Permian Guide to Excursion A3. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 45–54.
- **Burliga S., Koyi, H. A., Chemia, Z. 2012.** Analogue and numerical modelling of salt supply to a diapiric structure rising above an active basement fault. *Geological Society, London, Special Publications*, **363**, 395–408.
- **CBDG 2022.** Centralna Baza Danych Geologicznych. baza.pgi.gov.pl
- **Charysz W. 1973.** Cechsztyńskie piętro soli młodszych (Z3) w regionie kujawskim. *Prace Geologiczne PAN Oddz. w Krakowie*, **75**, 1–68.
- **Czapowski G. 1994.** Facies characteristics and distribution of the Zechstein (Upper Permian) salt deposits of PZ3 (Leine) Cycle in Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, **41**, 229–237.
- **Czapowski G., Tomassi-Morawiec H. 2018.** Wykształcenie i geochemia bromu utworów solnych pogranicza cyklotemów PZ1 i PZ2 cechsztynu w kłodawskim wysadzie solnym (środkowa Polska). *Przegląd Geologiczny*, **66**, 303–308.
- **Czapowski G., Antonowicz L., Peryt T. 1991.** Facies and paleogeography of the Zechstein (Upper Permian) Older Halite (Na2) in Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences, Earth Sciences*, **38**, 45–55.
- **Dąbrowski S., Owczarczak B. 2002.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Izbica Kujawska 0479. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Dadlez R. 1997.** Tektonika kompleksu permsko-mezozoicznego. Ogólne rysy tek-

toniczne bruzdy środkowopolskiej. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego* **153**, 410–414.

- **Dadlez, R., Franczyk, M. 1976.** Palaeogeographic and palaeotectonic significance of the Wielkopolska Ridge (central Poland) in the Lower Jurassic epoch. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, **295**, 27–55.
- **Dadlez R., Narkiewicz M., Stephenson R. A., Visser M. T. M., Van Wees J. D. 1995.** Tectonic evolution of the Mid-Polish Trough: modelling implications and significance for central European geology. *Tectonophysics*, **252**, 179–195.
- **Dadlez R., Marek S., Pokorski J. 1998.** Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce: 1 : 2 500 000. Wydawnictwo Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej.
- **Dadlez R., Marek S., Pokorski J. 2000.** Mapa geologiczna Polski bez utworów kenozoiku, 1 : 1 000 000. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Dayczak-Calikowska K. 1990.** Wyniki badań litologiczno-stratygraficznych. Jura środkowa. [W:] Koło IG 3, Koło IG 4, Poddębice IG 1; [Red.]: Dembowska J., Marek S. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **69**, 70–74.
- **Dayczak-Calikowska K., Moryc W. 1988.** Rozwój basenu sedymentacyjnego i paleotektonika jury środkowej na obszarze Polski. *Geological Quarterly*, **32**, 117–136.
- **Dębski J., Czapowski G., Tarka R. 1989.** Dodatek nr 2 do dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej (perm) w koplani Kłodawa, kat. C2+C1, woj. bydgoskie. Inw. 1155/91, CAG PIG, Warszawa.
- **Dembicki H.J. 2017.** Practical petroleum geochemistry for exploration and production. Source rock evaluation, chapter 3. Elsevier, 62.
- **Dembowska J. 1979.** Systematyzowanie litostratygrafii jury górnej w Polsce północnej i środkowej. *Geological Quarterly*, **23**, 617–630.
- **Dembowska J. 1990.** Wyniki badań litologiczno-stratygraficznych. Jura górna. [W:] Koło IG 3, Koło IG 4, Poddębice IG 1; [Red.]: Dembowska J., Marek S. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Instytutu Geologicznego*, **69,** 74–81.
- **Doornenbal H., Stevenson A. 2010.** Petroleum geological atlas of the Southern Permian Basin area. EAGE.
- **Dravis J.J., Yurewicz D.A. 1985.** Enhanced carbonate petrography using fluorescence microscopy. *Journal of Sedimentary Research*, **55**, 795–804.
- **Dziewińska L., Skorupa J. 1974.** Kompleksowa interpretacja prac sejsmicznych, grawimetrycznych, magnetycznych i geoelektrycznych dla strefy Pabianice – Gopło ze szczególnym uwzględnieniem utworów cechsztynu i podłoża. Inw. 44383, CAG PIG, Warszawa.
- **Espitalié J., Deroo G., Marquis F. 1985.** La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. Deuxième partie. *Revue de l'Institut français du Pétrole*, **40**, 755–784.
- **Feldman-Olszewska A. 1997a.** Depositional architecture of the Polish epicontinental Middle Jurassic basin. *Geological Quarterly*, **41**, 491–508.
- **Feldman-Olszewska A. 1997b**. Depositional systems and cyclicity in the intracratonic Early Jurassic basin in Poland. *Geological Quarterly*, **41**, 475–490.
- **Feldman-Olszewska A. 1998.** Palaeogeographical maps of Middle Jurassic, pl. 36–47. [W]: Palaeogeographical Atlas of the Epicontinental Permian and Mesozoic in Poland. [Red.]: Dadlez R., Marek S., Pokorski J. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Feldman-Olszewska A. 2008a.** Wyniki badań litologicznych i stratygraficznych utworów jury dolnej. [W]: Brześć Kujawski IG 1, Brześć Kujawski IG 2, Brześć Kujawski IG 3. [Red.]: Feldman-Olszewska A. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **125**, 139–140.
- **Feldman-Olszewska A. 2008b.** Wyniki badań litologicznych i stratygraficznych utworów jury środkowej. [W]: Brześć Kujawski IG 1, Brześć Kujawski IG 2, Brześć Kujawski IG 3. [Red.]: Feldman-Olszewska A. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **125**, 150–151.

- **Feldman-Olszewska A. 2012a.** Stratygrafia i litologia utworów jury dolnej na tle rozwoju paleotektonicznego strefy Ponętów-Wartkowice. [W]: Poddębice PIG 2. [Red.]: Leszczyński K. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **133**, 84–87.
- **Feldman-Olszewska A. 2012b.** Stratygrafia i litologia utworów jury środkowej na tle rozwoju paleotektonicznego strefy Ponętów-Wartkowice. [W]: Poddębice PIG 2. [Red.]: Leszczyński K. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **133**, 94–96.
- **Feldman A., Marek S. 1988.** Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Banachów IG-1. Inw. 131366, CAG PIG, Warszawa.
- **Gaczyński E., Petecki Z., Zientara P., Wybraniec S. 1986.** Analiza obszarów badań geofizycznych na podstawie map gradientu pionowego pola grawitacyjnego. Badania geofizyczne na obszarze ujemnych anomalii grawimetrycznych w północnozachodniej Polsce, 1986. Inw. 34526, CAG PIG, Warszawa.
- **Gast R., Dusar M., Breitkreutz Ch., Gaupp R., Schneider J.W., Stemmerik L., Geluk M., Geissler M., Kiersnowski H., Glennie K., Kabel S., Jones N. 2010.** Chapter 7, Rotliegend. [W]: Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area. [Red.]: Doornenbal H., Stevenson A., TNO, The Netherlands, 101–122.
- **Gawenda P. 2012.** Germany – Overview about Renewed Petroleum Activities. AAPG-European Region Newsletter, 4–9.
- **Gaździcka E. 2012.** Badania litologiczno-stratygraficzne utworów jury górnej i beriasu dolnego. [W]: Poddębice PIG 2. [Red.]: Leszczyński K. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **133**, 101–103.
- **Giełżecka-Mądry D. 2002.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Radziejów 0440. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Gondek B. 1980.** Geochemistry of normal alkanes encountered in sedimentary rocks of the Polish Lowlands. *Prace Instytutu Geologicznego*, **97**.
- **Górecki W., Hajto M. 2006.** Atlas zasobów geotermalnych na Niżu Polskim. Wydawnictwo Katedry Surowców Energetycznych Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków.
- **Grobelny A. 1968.** Zestawienie, analiza i interpretacja mapy grawimetrycznej 1:200 000 Synklinorium Mogileńsko-Łódzkiego, 1968. Inw. 41545, CAG PIG, Warszawa.
- **Grotek I. 2012.** Charakterystyka petrograficzna oraz dojrzałość termiczna materii organicznej rozproszonej w utworach mezozoiku. [W]: Poddębice PIG 2. [Red.]: Leszczyński K. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **133**, 132–136.
- **Grzywacz J. 1974.** Opracowanie badań grawimetrycznych, temat: Lutomiersk – Poddębice – Gopło, (reinterpretacja), 1974 rok. Inw. 1845, CAG PIG, Warszawa.
- **Guterch A., Grad M. 2006.** Lithospheric structure of the TESZ in Poland based on modern seismic experiments. *Geological Quarterly*, **50**, 23–32.
- **Guterch A., Wybraniec S., Grad M., Chadwick R., Krawczyk C., Ziegler P., De Vos W., Thybo H. 2010.** Crustal structure and structural framework. [W]: Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area. [Red.]: Doornenbal J., Stevenson A. Houten, EAGE Publications, 11–23.
- **Hałdun Z. 1955.** Pomiary geofizyczne w otworze Augustynowo 1 + karta otworu wiertniczego. Inw. 110665, CAG PIG, Warszawa.
- **Hanczke T. 1969.** Mineralogia i petrografia soli cechsztyńskich w kopalni Kłodawa. *Prace Muzeum Ziemi*, **16**, 3–52.
- **Iciek A., Królikowski C, Linowski H., Midura A., Oleksiak J., Piwocki M., Soćko A. 1989.** Budowa geologiczna Polski i poszukiwanie złóż surowców mineralnych. Cel nr 28. Opracowanie kompleksu nowoczesnych metod geofizycznych do poszukiwania i rozpoznawania złóż węgli brunatnych. Punkt kontrolny nr 5. Opracowanie kompleksu nowoczesnych metod geofizycznych do poszukiwania i rozpoznawania złóż węgli brunatnych. Kat. 3921/287, CAG PIG, Warszawa.

- **Jakubiak H., Wojas A., Okulus H. 1979.** Dokumentacja badań geofizycznych. Temat: Złoże węgla brunatnego „Lubstów". Rok badań 1978. Inw. 12546c CUG, CAG PIG, Warszawa.
- **Jaśkowiak M. 1957.** Pomiary geofizyczne + karta otworu wiertniczego Pagórki IG-1. Inw. 43390, CAG PIG, Warszawa.
- **Jaskowiak-Schoeneichowa M. 1977.** Kreda górna. Budowa geologiczna wschodniej części niecki mogileńsko-łódzkiej (strefa Gopło-Ponętów-Pabianice). *Prace Instytutu Geologicznego*, **80**.
- **Jurek J., Klecan A. 1973.** Sprawozdanie z pomiarów średnich prędkości w otworze Ponętów-1. Inw. P108 VS, CAG PIG, Warszawa.
- **Karnin W.-D., Gast R., Bärle C., Clever B., Kühn M., Sommer J. 2006.** Play types, structural history and distribution of Middle Buntsandstein gas fields in NW Germany: observations and their genetic interpretation. *Zeitschrift der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften*, **157**, 121–134.
- **Karnkowski P.H. 1991.** Zagadnienie ruchów tektonicznych w czerwonym spągowcu. *Przegląd Geologiczny*, **39**, 352–356.
- **Karnkowski P.H. 1993.** Złoża gazu ziemnego i ropy naftowej w Polsce. Tom I. Niż Polski. Towarzystwo Geosynoptyków „Geos", Kraków.
- **Karnkowski P.H. 1999.** Stratygrafia sekwencji czerwonego spągowca w basenie polskim: relacje między tektoniką a klimatem. *Przegląd Geologiczny*, **47**, 473–474.
- **Karta otworu Bierzwienna K-31**. Inw. 71249, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Długie K-68.** Inw. 56438, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Gopło GEO9.** Inw. 54487, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Gopło GEO10.** Inw. 54475, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Izbica 2.** Inw. 37130, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Izbica Kujawska K-37.** Inw. 111140, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Izbica Kujawska K-67.** Inw. 56440, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Izbica Kujawska K-70.** Inw. 56439, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Kłodawa 66**. Inw. 56442, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Kłodawa 71**. Inw. 56443, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Marcjanowo K-33.** Inw. 71245, CAG PIG, Warszawa.
- **Karta otworu Podtymień K-69.** Inw. 56441, CAG PIG, Warszawa.
- **Kicman W., Beroński W. 1970.** Dokumentacja wynikowa odwiertu parametrycznego Młyny1. Inw. 106342, CAG PIG, Warszawa.
- **Kiersnowski H., Buniak A., Waśkiewicz K. 2020.** Mapa litofacji stropu osadów czerwonego spągowca górnego. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Kilhams B., Kukla P. A., Mazur S., McKie T., Mijnlieff H. F., Van Ojik K. 2018.** Mesozoic resource potential in the Southern Permian Basin. *Geological Society of London, Special Publications*, **469**, 1–18.
- **Kleszcz T. 1968.** Dokumentacja badań grawimetrycznych, temat: „Synklinorium Pomorskie", 1967. Kat. G-231 PBG, CAG PIG, Warszawa.
- **Klimuszko E. 2012.** Charakterystyka geochemiczna materii organicznej. [W]: Poddębice PIG 2. [Red.]: Leszczyński K. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **133**, 137–144.
- **Kondracki J. 2013.** Geografia regionalna Polski, Wydawnictwa Naukowe PWN, Warszawa.
- **Kosakowski P., Wójcik-Tabol P., Kowalski A., Zacharski J. 2015.** Jurassic Petroleum System in the Polish Lowlands (Central Poland)-Organic Geochemical and Numerical Modelling Approach. 77th EAGE Conference and Exhibition. European Association of Geoscientists & Engineers.
- **Kosobudzka I., Paprocki A. 1997.** Wykonanie półszczegółowych badań magnetycznych „T" w Polsce zachodniej, centralnej i południowo-wschodniej w latach 1995-1997. Inw. 812/98, CAG PIG, Warszawa.

- **Kotański Z. 1997.** Budowa geologiczna Polski na mapach ścięcia poziomego. *Przegląd Geologiczny*, **45**, 605–618.
- **Kotarba M., Lewan M. D. 2004.** Characterizing thermogenic coalbed gas from Polish coals of different ranks by hydrous pyrolysis. *Organic Geochemistry*, **35**, 615–646.
- **Kotarba M., Lewan M.D. 2013.** Sources of natural gases in Middle Cambrian reservoirs in Polish and Lithuanian Baltic Basin as determined by stable isotopes and hydrous pyrolysis of Lower Palaeozoic source rocks. *Chemical Geology*, **345**, 62–76.
- **Kotarba M., Piela J., Żołnierczuk T. 1992**. Geneza gazu ziemnego akumulowanego w permsko-karbońskich pułapkach litologicznych złoża" Paproć" w świetle badań izotopowych. *Przegląd Geologiczny*, **40**, 260.
- **Kotarba M., Grelowski C., Kosakowski P., Więcław D., Kowalski A., Sikorski B. 1999.** Potencjał węglowodorowy skał macierzystych i geneza gazu ziemnego akumulowanego w utworach czerwonego spągowca i karbonu w północnej części Pomorza Zachodniego. *Przegląd Geologiczny*, **47**, 480.
- **Kotarba M., Pokorski J., Grelowski C., Kosakowski P. 2005.** Geneza gazu ziemnego akumulowanego w utworach karbonu i czerwonego spągowca w nadbałtyckiej części Pomorza Zachodniego. *Przegląd Geologiczny*, **53**, 425–433.
- **Kozera A. 1954.** Sprawozdanie z badań magnetycznych rejonu Niecki Nidziańskiej i Niecki Łódzkiej przeprowadzonych przez Grupę Magnetyczną II Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych w roku 1953 zgodnie z Planem Technicznym IG. Inw. 5442, CAG PIG, Warszawa.
- **Kozera A., Wronicz S. 1976.** Kompleksowa interpretacja materiałów sejsmicznych i grawimetrycznych dla wybranych obszarów Niecki Szczecińskiej pod kątem rozwoju utworów solnych. Inw. 44854, CAG PIG, Warszawa.
- **Królikowski C., Petecki Z. 1995.** Atlas grawimetryczny Polski. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Królikowski C., zespół. 1986.** Zastosowanie metody odejmowania efektów grawitacyjnych do wyznaczania anomalii od podłoża podpermskiego północno-zachodniej Polski, etap II /ostatni/ – Opracowanie mapy anomalii od podłoża permu, 1986. Inw. 35725, CAG PIG, Warszawa.
- **Kruk B. 1967a.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych, tematy: 1. Antyklina Justynowa – Jeżowa, 1966-67, 2. Antyklinorium Kujawskie i Rawsko-Gielniowskie, 1967. Inw. 1432, CAG PIG, Warszawa.
- **Kruk B. 1967b.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Paraantyklinorium Kujawskie, rejon Wojszyc, 1966. Inw. 1303, CAG PIG, Warszawa.
- **Krystkiewicz E. 1996.** Środowiska sedymentacji i diageneza jury dolnej w centralnej Polsce na podstawie wybranych otworów wiertniczych. Inw. 170/99, CAG PIG, Warszawa.
- **Krzywiec P. 2002.** Mid-Polish Trough inversion—seismic examples, main mechanisms and its relationship to the Alpine–Carpathian collision. *EGU Stephan Mueller Special Publication Series*, **1**, 151–165.
- **Krzywiec P. 2004a.** Triassic evolution of the Kłodawa salt structure: basement-controlled salt tectonics within the Mid-Polish Trough (Central Poland). *Geological Quarterly*, **48**, 123–134.
- **Krzywiec P. 2004b.** Basement vs. salt tectonics and salt-sediment Interaction–case study of the Mesozoic evolution of the Intracontinental Mid-Polish Trough. GCS-SEPM Foundation 24th Annual Research Conference "Salt – Sediment Interactions and Hydrocarbon Prospectivity: Concepts, Applications and Case Studies for the 21st Century", 5–8.12, 343–370.
- **Krzywiec P. 2012.** Mesozoic and Cenozoic evolution of salt structures within the Polish basin: An overview. *Geological Society of London, Special Publications*, **363**, 381–394.
- **Kryński, J. 2007.** Precyzyjne modelowanie quasigeoidy na obszarze Polski – wyniki i ocena dokładności. *Seria Monograficzna IGiK*, **13**, Warszawa.

- **Kudrewicz R. 2007.** Mapy strukturalne powierzchni podcechsztyńskiej i podpermskiej, 1 : 500 000. [W]: Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce – badania geologiczne. [Red.]: Wagner R. i in., 2008. Inw. 2293/2009, CAG PIG, Warszawa.
- **Kukuła M., Bystroń K., Guty Ł., Kosiek K., Długosz P. 2019.** Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby eksploatacyjne ujęcia wód termalnych Koło GT-1 w miejscowości Chojny, gm. Koło, pow. kolski, woj. wielkopolskie. Inw. 4370/2020, CAG PIG, Warszawa.
- **Kutek J., Głazek J. 1972.** The Holy Cross area, Central Poland, in the Alpine cycle. *Acta Geologica Polonica*, **22**, 603–653.
- **Leszczyński K. 1990.** Wyniki badań litologiczno-stratygraficznych. Kreda górna z albem górnym. [W]: Koło IG 3, Koło IG 4, Poddębice IG 1. [Red.]: Dembowska J., Marek S. *Profile głębokich otworów wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **69**, 85–69.
- **Leszczyński K. 1997.** The Upper Cretaceous carbonate-dominated sequences of the Polish Lowlands. *Geological Quarterly*, **41**, 521–532.
- **Leszczyński K. 2000.** The Late Cretaceous sedimentation and subsidence south-west of the Kłodawa Salt Diapir, central Poland. *Geological Quarterly*, **44**, 167–174.
- **Leszczyński K. 2002.** Ewolucja geologiczna strefy Ponętów-Wartkowice w kredzie. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **176**.
- **Leszczyński K. 2012.** The internal geometry and lithofacies pattern of the Upper Cretaceous-Danian sequence in the Polish Lowlands. *Geological Quarterly*, **56**, 363–386.
- **Lis-Martyniak B., Franaszek L. 1973.** Dokumentacja wynikowa otworu badawczego Ponętów-1 [zawiera kartę otworu]. Inw. 117717, CAG PIG, Warszawa.
- **Lokhorst A. 1997.** NW European Gas Atlas (EC JOULE Programme). Haarlem: Netherland Geological Survey.
- **Łyszkowska J., Kruk B. 1969.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych; temat: Antyklinorium Kujawskie i Rawsko-Gielniowskie, 1968. Kat. 43/157, CAG PIG, Warszawa.
- **Magoon L.B., Dow W.G. 1994.** The Petroleum System: Chapter 1: Part I. Introduction. *AAPG Special Volumes*, **77**, 3–24.
- **Maliszewska A. 1999.** Jura środkowa. [W]: Diageneza osadów permu górnego i mezozoiku Kujaw. [Red,]: Maliszewska A. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **167**, 78–93.
- **Manet J., Górska I., Rudowicz J. 1957.** Pomiary geofizyczne + karta otworu wiertniczego Pagórki IG-1. Inw. 37153, 3927/246, CAG PIG, Warszawa.
- **Marek S. 1997.** Tektonika kompleksu permsko-mezozoicznego. Ogólne wnioski o ewolucji tektonicznej. [W]: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. [Red.]: Marek., Pajchlowa M. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **153**, 414–415.
- **Marek S., Raczyńska A. 1979.** Obecny podział litostratygraficzny epikontynentalnej kredy dolnej w Polsce i propozycje jego uporządkowania. *Geological Quarterly*, **23**, 631–637.
- **Margul B. 1971.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych temat: Synklinorium łódzkie, 1970 r. Inw. 1636, CAG PIG, Warszawa.
- **Maszońska D. 2002.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Piotrków Kujawski 0439. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Materzok W. 1969.** Dokumentacja pomiarów średnich prędkości w odwiercie Koło IG-3. Inw. 43563, 4027/305, CAG PIG, Warszawa.
- **Materzok W., Okulus H. 1980.** Dokumentacja badań geofizycznych w rejonie wysadu solnego Łanięta, 1980. Inw. 21266, CAG PIG, Warszawa.
- **Materzok W., Reczek J. 1980.** Dokumentacja badań geofizycznych; temat: Wysad solny „Kłodawa”, rok 1979. Inw. 2067, CAG PIG, Warszawa.
- **Matyasik I. 1998.** Charakterystyka geochemiczna skał macierzystych karbonu w wybranych profilach wiertniczych obszaru

radomsko-lubelskiego i pomorskiego. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **165**, 215–226.

- **Mazur S., Scheck-Wenderoth M., Krzywiec P. 2005.** Different modes of inversion in the German and Polish basins. *International Journal of Earth Sciences*, **94**, 5–6.
- **Mazurek S., Burliga S., Wiśniewski A., Staszczak W., Misiek Ł., Kurdek D., Bartłomiejczak G. 2016.** Dodatek nr 2 do Dokumentacji geologicznej złoża soli kamiennej „Kłodawa 1". Inw. 3420/2017, CAG-PIG, Warszawa.
- **Michalec J., Bąk E. 1989.** Sprawozdanie z pomiarów sejsmometrycznych w otworze Przybyłów-1, Profilowanie prędkości średnich Inw. P143 VS, CAG PIG, Warszawa.
- **Misiek G. 1997.** Stratygrafia i wykształcenie utworów cechsztynu w wysadzie solnym Kłodawy. Mat. konf. pt. Tektonika solna regionu kujawskiego, Uniejów 23-25.10.1997. Wyd. WIND, Wrocław, 20–23.
- **Monet J., Smolicz S., Górska I. 1955.** Sprawozdanie z pomiaru sejsmokarotażu na otworze wiertniczym Augustynowo 1. A11 VS, CAG PIG, Warszawa.
- **Nawrocki J., Becker A. 2017.** Atlas geologiczny Polski. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Niemczycka T. 1997.** Jura górna. Formalne i nieformalne jednostki litostratygraficzne. [W]: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. [Red.]: Marek S., Pajchlowa M. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **153**, 309–322.
- **Obarowski M., Rosowski T., Mulińska M. 2015.** Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny lub zasobów wód podziemnych na obszarze koncesji "Koło" (części bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230). Inw. 2721/2015, CAG PIG, Warszawa.
- **Osika R. 1959.** Osady dolnokredowe w okolicach Izbicy i w wierceniu Pagórki (Kujawy). *Geological Quarterly*, **3**, 339–358.
- **Ostrowska K., Pisuła M. 1990.** Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych dla tematu: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych, II faza, 1990 rok. Inw. 1281/91, CAG PIG, Warszawa.
- **Ostrowski C., Stefaniuk M., Wojdyła M., Kosobudzka I. 2007.** Dokumentacja badań geofizycznych. Temat: Pomiary polowe magnetotelluryczne, magnetyczne i grawimetryczne wzdłuż profilu Zgorzelec – Wiżajny wraz z ich przetworzeniem i interpretacją, 2005-2007. Inw. 3093/2014, CAG PIG, Warszawa.
- **Oszczepalski S., Rydzewski A. 1987.** Paleogeography and sedimentary model of the Keuperschiefer in Poland. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie*, **4**, 975–999.
- **Oszczepalski S., Rydzewski A. 1991.** The Keuperschiefer mineralization in Poland. *Lecture Notes in Earth Sciences*, **10**, 189–205.
- **Ościk M., Stefaniuk M. 2002.** Badania geofizyczne na wysadzie solnym Góra k/Inowrocławia. Kat. E-1706, Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa.
- **Paczyński B., Sadurski A. 2007.** Hydrogeologia regionalna Polski, tom I – wody słodkie. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Pernal J., Nowak T. 1989.** Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Przybyłów 1 [zawiera kartę otworu]. Inw. 131893, CAG PIG, Warszawa.
- **Peryt T. M., Antonowicz L. 1990.** Facje i paleogeografia cechsztyńskiego anhydrytu dolnego (A1d) w Polsce. *Przegląd Geologiczny*, **38**, 173–180.
- **Peryt T. M., Peryt D. 2012.** Geochemical and foraminiferal records of environmental changes during Zechstein Limestone (Lopingian) deposition in Northern Poland. *Geological Quarterly*, **56**, 187–198.
- **Peryt T. M., Wagner R. 1998.** Zechstein evaporite deposition in the Central European Basin: cycles and stratigraphic sequences. *Journal of Seismic Exploration*, **7**, 201–218.
- **Petecki Z., Rosowiecka O. 2017.** A new magnetic anomaly map of Poland and its contribution to the recognition of crystal-

line basement rocks. *Geological Quarterly*, **61**, 934–945.

- **Pharaoh T., Dusar M., Geluk M., Kockel F., Krawczyk C., Krzywiec P., Scheck-Wenderoth M., Thybo H., Vejbæk O., Van Wees J.D. 2010.** Tectonic evolution. [W]: Petroleum geological atlas of the Southern Permian Basin Area. [Red.]: Doornenbal J.C., Stevenson A.G. EAGE Publications, Houten, 25–57.
- **Pieńkowski G. 2004.** The epicontinental lower Jurassic of Poland. *Polish Geological Institute Special Papers*, **12**, 5–154.
- **Pierson B.J. 1981.** The control of cathodoluminescence in dolomite by iron and manganese. *Sedimentology*, **28**, 601–610.
- **Pietrzak I. 1972.** Dokumentacja hydrogeologiczna wód termalnych ujętych otworem Koło IG-3 w Łabędziu. Inw. 2302/2016, CAG PIG, Warszawa.
- **Pletsch T., Appel J., Botor D., Clayton C.J., Duin E.J.T., Faber E., Górecki W., Kombrink H., Kosakowski P., Kuper G., Kus J., Lutz R., Mathiesen A., Ostertag C., Papiernik B., Van Bergen F. 2010.** Petroleum generation and migration. [W]: Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian, Basin Area. [Red.]: Doornenbal H., Stevenson A. EAGE Publications b.v., Houten, 225–253.
- **Pokorski J. 1981.** Propozycja formalnego podziału litostratygraficznego czerwonego spągowca na Niżu Polskim. *Geological Quarterly*, **25**, 41–58.
- **Pokorski J. 1988.** Rotliegendes lithostratigraphy in north-western Poland. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences*, **36**, 99–108.
- **Pokorski J. 1997.** Perm dolny (czerwony spągowiec). Litostratygrafia i litofacje. Formalne i nieformalne jednostki litostratygraficzne. [W]: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. [Red.]: Marek S., Pajchlowa M. *Prace Instytutu Geologicznego*, **153**, 35–38.
- **Popczyk R., Żuk P., Rosowski T. 2017.** Dokumentacja geologiczna likwidacji otworu wiertniczego Bolesław-1 wykonanego na obszarze koncesji Kolo nr 3/2016/p (część bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230) Inw. 8737/2017, CAG PIG, Warszawa.
- **Popczyk R., Żuk P., Rosowski T. 2018.** Dokumentacja prac geologicznych niekończących się udokumentowaniem zasobów złoża kopaliny lub zasobów wód podziemnych na obszarze koncesji "Koło" (część bloków koncesyjnych 189, 190, 209, 210 i 230) nr 3/2016/p. Inw. 395/2019, CAG PIG, Warszawa.
- **Poprawa P., Kiersnowski H. 2010.** Rozpoznanie basenów węglowodorowych Polski pod kątem możliwości występowania i zasobów oraz możliwości koncesjonowania poszukiwań niekonwencjonalnych złóż gazu ziemnego - etap I. Inw. 2439/2011, CAG PIG, Warszawa.
- **Pożaryski W., Brochwicz-Lewiński W., Jaskowiak-Schoeneich M. 1978**. Geologiczna mapa Bałtyku. *Przegląd Geologiczny*, **26**, 1–5.
- **Raczyńska A. 1961.** Stratygrafia osadów dolnokredowych okolic Sompolna. *Geological Quarterly*, **5**, 353–371.
- **Raczyńska A. 1973.** Dokumentacja wynikowa wiercenia strukturalnego Strzelno IG-1. Inw. 78200, CAG PIG, Warszawa.
- **Radlicz K. 1972.** Litologia osadów górnojurajskich w północno-wschodniej. Polsce. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, **261**, 55–150.
- **Radlicz K. 1997.** Jura górna. Charakterystyka petrograficzna i sedymentologiczna. [W]: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. [Red.]: Marek S., Pajchlowa M. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **153**, 322–327.
- **Radlicz K. 2008.** Petrografia, mikrofacje i diageneza utworów jury górnej w otworach wiertniczych Brześć Kujawski IG 2 oraz IG 3. [W]: Brześć Kujawski IG 1, IG 2, IG 3. [Red.]: Feldman-Olszewska A. *Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego*, **125**, 173–178.
- **Reczek J. 1967.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Mogilno – Konin – Uniejów, 1965/66. Kat. G-215 PBG, CAG PIG, Warszawa.
- **Resak M., Narkiewicz M., Littke R. 2008.** New basin modelling results from the Polish part of the Central European Basin system: implications for the Late Cretaceous–Early Paleogene structural inver-

sion. *International Journal of Earth Sciences*, **97**, 955–972.

- **Rosowski T. 2017.** Dokumentacja wynikowa otworu wiertniczego Bolesław-1 na koncesji Kolo nr 3/2016/p. Inw. 8736/2017, CAG PIG, Warszawa.
- **Różycki S. Z., Mioduszewska W. 1958.** Dolna jura południowych Kujaw. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa.
- **Ryll, A., Juszczak, F. 1970.** Dokumentacja wynikowa otworu Koło IG-3 [zawiera kartę otworu]. Inw. 102289, CAG PIG, Warszawa.
- **Sadowski A., Poborska-Młynarska K., Czapowski G. 2007.** Koncepcja wykorzystania i zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych Kopalni Soli „Kłodawa". *WUG*, **6**, 12–15.
- **Sas-Korczyński S., Łucki M., Macek J., Ruman R. 1992.** Dokumentacja wynikowa otworu poszukiwawczego Ponętów-2 [zawiera kartę otworu] Inw. 133009, CAG PIG, Warszawa.
- **Scheck-Wenderoth M., Maystrenko Y., Hübscher C., Hansen M., Mazur S. 2008.** Dynamics of salt basins. Dynamics of Complex Intracontinental Basins: The Central European Basin System. Springer, Berlin, 307, 322.
- **Schlegel J. 1955.** Karotaż sejsmiczny otworu wiertniczego Izbica Kujawska K-37. Inw. I6 VS, CAG PIG, Warszawa.
- **Schleger J. 1955.** Karotaż sejsmiczny otworu sejsmicznego Izbica-2. Inw. 37130, 3927/245, CAG PIG, Warszawa.
- **Schovsbo N.H., Goode T., Beuthin J., Derbez E., Parkin K. 2017.** Method and Data-Acquisition Workflow for Rock-Type Definitions in the Lower Carboniferous Resource Play, NW England. *AAPG Search and Discovery Article*, **#10964**.
- **Sikorska-Jaworowska M., Jaworowski K. 1997.** Charakterystyka petrograficzna i sedymentologiczna osadów wapienia muszlowego. [W]: Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. [Red.] Marek S., Pajchlowa M. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **153**, 136–144.
- **Ślebodziński J., Michalec J., Bąk E. 1987.** Sprawozdanie z pomiarów sejsmometrycznych w otworze Banachów IG-1, Profilowanie prędkości średnich wykonanych przez Grupę Sejmometrii Wiertniczej 1D/Kw opracowane przez Wydział Sejmometrii Wiertniczej w kwietniu 1987 r. Inw. B4 VS, CAG PIG, Warszawa.
- **Soćko A. 1966.** Dokumentacja półszczegółowych badań grawimetrycznych. Temat: Gostynin – Łowicz – Ponętów – Poddębice, 1965. Inw. 1252, CAG PIG, Warszawa
- **Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorczyk I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W. 2018.** Physico-geographicalmesoregions of Poland - verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data. *Geographia Polonica*, **91**.
- **Straburzyńska R. 2002.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Sompolno 0478. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Szadkowska M. 1997a.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Ślesin 477. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Szadkowska M. 1997b.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Dąbie 0551. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Szostak I., Blus R. 1969.** Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał rok 1969 [118 otworów wiertniczych]. Inw. ObO/1251, CAG PIG, Warszawa.
- **Szporko R. 1976.** Dokumentacja pomiarów ciężarów objętościowych i porowatości skał, rok 1975. Inw. 20716, ObO/1720, CAG PIG, Warszawa.
- **Tomassi-Morawiec H., Czapowski G., Tobola T., Iwasińska-Budzyk I., Narkiewicz W., Misiek G., Janiów S., Chęciński R. 2008.** Wzorcowe profile bromowe jako obiektywne narzędzie dla ustalenia wieku i podziału wewnętrznego ogniw solnych cechsztynu z obszaru Polski. Opracowanie merytoryczne z realizacji projektu badawczego. Grant KBN nr 4T12B 002

29. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.

- **Tomassi-Morawiec H., Czapowski G., Bornemann O., Schramm M., Misiek G. 2009.** Wzorcowe profile bromowe dla solnych utworów cechsztynu w Polsce. *Gospodarka Surowcami Mineralnymi*, **25**, 75–143.
- **Tomassi-Morawiec H., Wachowiak J., Czapowski G. 2019.** Geochemia i wykształcenie skał zubrowych górnego permu (cechsztyn) z obszaru Polski. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **477**, 69–122.
- **Trzeciakowska M. 2002.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Koło 0514. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Trzeciakowska M., Owczarczak B. 2002.** Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1 : 50 000, arkusz Kłodawa 0515. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
- **Wagner R. 1995.** Stratygrafia i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **146**, 1–71.
- **Wagner R. 1998.** Mapy paleogeograficzne cechsztynu. [W:] Atlas paleogeograficzny epikontynentalnego permu i mezozoiku w Polsce, 1 : 2 500 000. [Red.]: Dadlez i in. Inw. 3417/98, 4610/2015, CAG PIG, Warszawa.
- **Wagner R., Buniak A., Dadlez R., Grotek I., Kiersnowski H., Kuberska M., Kudrewicz R., Lis P., Maliszewska A., Mikołajewski Z., Papiernik B., Pokorski J., Poprawa P., Skowroński L., Słowakiewicz M., Szewczyk J., Wolnowski T. 2008.** Zasoby prognostyczne, nieodkryty potencjał gazu ziemnego w utworach czerwonego spągowca i wapienia cechsztyńskiego w Polsce – badania geologiczne. Inw. 2293/2009, CAG PIG, Warszawa.
- **Waksmundzka M.I., Buła Z. 2017.** Mapa geologiczna Polski bez utworów permu, mezozoiku i kenozoiku. [W]: Atlas geologiczny Polski. [Red.]: Nawrocki J., Becker A. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- **Wasiak J. 1990.** Dokumentacja szczegółowych badań grawimetrycznych, temat: Poszukiwanie złóż węgla brunatnego w obrębie anomalii grawimetrycznych, II faza – 1989 r. Kat. G-570, Arch. Przedsiębiorstwa Badań Geofizycznych, Warszawa.
- **Werner Z. 1972.** Dokumentacja geologiczna zasobów złoża soli kamiennej kopalni soli „Kłodawa" w Kłodawie kat. A + B + C1. Inw. 39-28/542, CAG PIG Warszawa.
- **Werner Z., Poborski J., Orska J., Bąkowski J. 1960.** Złoże solne w Kłodawie w zarysie geologiczno-górniczym. *Prace Instytutu Geologicznego*, **30**, 467–512.
- **Więcław D. 2016.** Habitat and hydrocarbon potential of the Kimmeridgian strata in the central part of the Polish Lowlands. *Geological Quarterly*, **60**, 192–210.
- **Wierzbowski A., Wierzbowski H. 2019.** Ammonite stratigraphy and organic matter of the Pałuki Fm. n (Upper Kimmeridgian–Lower Tithonian) from the central-eastern part of the Łódź Synclinorium (Central Poland). *Volumina Jurassica*, **17**, 49–102
- **Wilczek T. 1986.** Ocena możliwości powstania węglowodorów w mezozoicznych skałach macierzystych Niżu Polskiego. *Przegląd Geologiczny*, **34**, 496–502.
- **Wójcicki A., zespół. 2013.** Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO2 wraz z ich programem monitorowania raport końcowy – segment I (regionalny). Inw. 2625/2022 Arch. CAG PIG, Warszawa.
- **Wrońska K. 1954.** Sprawozdanie z pomiarów prędkości średnich wykonanych przez VI Grupę Sejsmiczną PPG w 1953 r. C126 VS, CAG PIG, Warszawa.
- **Zakrzewski A., Waliczek M., Kosakowski P. 2022.** Geochemical and petrological characteristics of the Middle Jurassic organic-rich siliciclastic sediments from the central part of the Polish Basin. *International Journal of Coal Geology*, **255**, 103986.
- **Zhao X., Liu W., Fu J., Cai Z., O'Reilly S. E., Zhao D. 2016.** Dispersion, sorption and photodegradation of petroleum hydrocarbons in dispersant-seawater-sediment systems. *Marine pollution bulletin*, **109**, 526–538.
- **Ziegler P.A. 1990.** Collision related intraplate compression deformations in Western

and Central Europe. *Journal of Geodynamics*, **11**, 357–388.

- **Zijp M.H.A.A., Nelskamp S., Doornenbal J.C. 2017.** Resource estimation of shale gas and shale oil in Europe. Report T7b of the EUOGA study (EU Unconventional Oil and Gas Assessment) commissioned by European Commission Joint Research Centre to GEUS.
- **Żelaźniewicz A., Aleksandrowski P., Buła Z., Karnkowski P.H., Konon A., Oszczypko N., Ślączka A., Żaba J., Żytko K. 2011.** Regionalizacja tektoniczna Polski. Komitet Nauk Geologicznych PAN, Wrocław.