

WYNIKI BADAŃ WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH I CHEMICZNYCH SKAŁ

Olga ROSOWIECKA

WYNIKI LABORATORYJNYCH POMIARÓW GĘSTOŚCI OBJĘTOŚCIOWEJ

Zebrane w tabeli 14 wyniki laboratoryjnych pomiarów gęstości objętościowej (ρ) i w tabeli 15 wyniki pomiarów porowatości skał pochodzą z dokumentacji archiwalnej (Maliński, 1965). Dokumentacja przedstawia wyniki pomiarów wykonanych przez Przedsiębiorstwo Poszukiwań Geofizycznych (obecnie Przedsiębiorstwo Badań Geofizycznych, PBG) w Warszawie. Przyjęto zasadę opróbowania w odstępach ok. 25 cm, założenie to nie zawsze możliwe było do zrealizowania. Zwłaszcza na kenozoicznym odcinku otworu opróbowanie było nierównomierne, głównie ze względu na nikły uzysk rdzenia. Oznaczenia gęstości objętościowej ρ wykonano dla 3419 próbek. Pomiar porowatości wykonano średnio na co czwartej pobranej do pomiaru gęstości próbce – w sumie wykonano 1084 pomiary porowatości.

Pomiar wykonywano przy pomocy gęstościomierza GS-2 produkcji Przedsiębiorstwa Poszukiwań Geofizycznych (PBG) i wag technicznych 200-gramowych. Próbkę skały o wielkości ok. 30 cm³ po nasyceniu w płynie (alkohol etylowy z gliceryną) o ciężarze właściwym 1,00 g/cm³ zawieszana była na jednym z ramion gęstościomierza i, po odpowiednim zrównoważeniu układu jego ramion, zanurzona również w płynie o $\rho = 1$ g/cm³. Wartość ρ tej nasączonej próbki skały odczytywana była ze skali gęstościomierza w położeniu równowagi układu ramion. Dane te zostały scyfrowane przez PBG, a dodatkowo opracowane (uporządkowane, uzupełnio-

ne i włączone do Centralnej Bazy Danych Geologicznych, CBDG) w 2011 r. (Rosowiecka, 2011). Do pomiarów porowatości efektywnej wykorzystano porozymetr ciśnieniowy, w warunkach zbliżonych do złożowych, przy średnim błędzie pomiarowym rzędu ± 2 % (Drzewiński, 1963).

Wartości obu parametrów zostały uśrednione dla poszczególnych wydzieli stratygraficznych (tab. 14 i 15 zgodnie z profilem stratygraficznym przedstawionym w tym tomie).

Najlżejszymi, a zarazem najbardziej porowatymi utworami jest warstwa utworów neogenu (2,012 g/cm³) i paleogenu (2,097 g/cm³). Zarówno utwory czwartorzędu jak i kredy, charakteryzują się średnio wyższą gęstością objętościową, jednak pomiędzy utworami kredowymi a paleogenem nie zaznacza się żaden wyraźny kontrast gęstościowy, ponieważ utwory kampanu (najmłodsze piętro w profilu kredowym otworu Oświno IG 1) są równie lekkie (2,091 g/cm³) jak nadległe utwory paleogenu. Najcięższymi utworami kredowymi są natomiast utwory cenomanu (2,536 g/cm³).

Średnia gęstość objętościowa utworów jurajskich (2,435 g/cm³) jest znacząco wyższa od gęstości utworów kredowych (2,251 g/cm³), przy czym utwory jury górnej (2,457 g/cm³) są przeciętnie cięższe od utworów jury środkowej (2,408 g/cm³). Co ciekawe wraz z głębokością przeciętna gęstość objętościowa kolejnych pięter maleje, a najlżejsze okazują się być utwory toarku (2,216 g/cm³).

Anna FELDMAN-OLSZEWSKA

WYNIKI BADAŃ POROZYMETRYCZNYCH

Na potrzeby tematu *Rozpoznanie formacji i struktur do bezpiecznego geologicznego składowania CO₂ wraz z ich programem monitorowania* rejon VII – Polska NW, realizowanego przez Państwowy Instytut Geologiczny-PIB w latach 2011–2012, wykonano badania porowatości i prze-

puszczalności skał z otworu Oświno IG 1. Analizy zostały wykonane w Instytucie Nafty i Gazu. W ramach badań petrofizycznych wykonano badania:

- gęstości materiałowej [g/cm³] – gęstość materiałowa wyliczona z pomiaru piknometrem helowym;

Tabela 14

Minimalne, maksymalne i średnie wartości gęstości objętościowej ρ dla poszczególnych wydzielen stratygraficznych uzyskane na podstawie zbioru pomiarów laboratoryjnych

The minimum, maximum and average values of the bulk density ρ for individual stratigraphic units, based on laboratory measurements database

Stratygrafia Stratigraphy		Przedziały głębokości Depth interval [m]	Liczba pomiarów Amount of measurements	ρ [g/cm ³]	
				min.–maks. min.–max.	średnia arytmetyczna arithmetic average
KENOZOIK	CZwartorzęd	0,0–101,5	44	1,82–3,04	2,228
	NEOGEN	101,5–185,0	16	1,75–2,23	2,012
	miocen	101,5–185,0	16	1,75–2,23	2,012
	PALEOGEN	185,0–251,0	60	1,82–2,71	2,097
	KREDA	251,0–1559,3	1193	1,61–2,77	2,251
MEZOZOIK	kreda górna	251,0–1284,0	511	1,61–2,77	2,226
	kampan	251,0–859,0	248	1,61–2,57	2,091
	kampan górny	251,0–695,0	196	1,61–2,52	2,086
	kampan dolny	695,0–859,0	52	1,96–2,57	2,113
	santon	859,0–1008,0	48	2,05–2,35	2,194
	santon górny	859,0–955,0	28	2,05–2,35	2,167
	santon dolny	955,0–1008,0	20	2,07–2,33	2,231
	koniak	1008,0–1137,0	56	2,04–2,38	2,266
	koniak górny	1008,0–1086,5	32	2,04–2,37	2,237
	koniak dolny	1086,5–1137,0	24	2,31–2,38	2,305
	turon	1137,0–1262,0	76	2,13–2,54	2,310
	cenoman	1262,0–1284,0	80	1,89–2,74	2,536
	kreda dolna	1284,0–1559,3	682	1,65–2,76	2,270
	alb	1284,0–1347,5	163	1,98–2,76	2,310
	alb górny	1284,0–1288,5	13	2,42–2,58	2,505
	alb środkowy–dolny	1288,5–1347,5	150	1,98–2,76	2,294
	apt	1347,5–1377,0	91	1,99–2,64	2,198
	barrem	1377,0–1396,0	52	1,65–2,64	2,245
	hoteryw	1396,0–1410,0	34	2,03–2,67	2,264
	walanżyn	1410,0–1508,0	171	1,75–2,76	2,188
	walanżyn górny	1410,0–1419,5	0	–	–
	walanżyn dolny	1419,5–1508,0	171	1,75–2,76	2,188
	berias	1508,0–1560,0	172	1,85–2,68	2,361
	berias górny (riazań)	1508,0–1527,5	71	1,89–2,62	2,289
	berias dolny	1527,5–1559,3	100	1,85–2,68	2,412
	JURA	1559,3–2250,0	2104	1,60–3,58	2,435
	jura górna	1559,3–1933,5	1179	1,88–3,05	2,457
	tyton	1559,3–1682,0	436	1,88–2,98	2,464
	tyton górny	1559,3–1679,3	411	2,07–2,98	2,476
	tyton dolny	1679,3–1685,7	25	1,88–2,45	2,260
	kimeryd	1685,7–1747,0	200	2,22–2,79	2,513
	kimeryd górny	1865,7–1705,1	72	2,22–2,79	2,490
	kimeryd dolny	1705,1–1746,1	128	2,26–2,71	2,526
	oksford	1746,1–1933,5	543	2,04–3,05	2,431
	oksford górny	1746,1–1795,0	118	2,09–2,98	2,693
	oksford środkowy–dolny	1795,0–1933,5	425	2,04–3,05	2,358
	jura środkowa	1933,5–2250,0	925	1,60–3,58	2,408
	kelowej	1933,5–1981,0	166	2,01–2,88	2,503
	kelowej górny i środkowy	1933,5–1975,0	137	2,01–2,83	2,495
	kelowej dolny	1975,0–1981,0	29	2,38–2,88	2,542
	baton	1981,0–2094,0	345	2,01–3,58	2,469
	baton górny	1981,0–2009,0	91	2,30–3,58	2,532
	baton środkowy	2009,0–2044,2	94	2,01–3,03	2,454
	baton dolny	2044,2–2094,0	160	2,15–3,01	2,441
	bajos	2094,0–2220,0	352	1,60–3,32	2,337
	bajos górny	2094,0–2142,6	158	1,99–3,32	2,391
	bajos dolny–aalen	2142,6–2220,0	194	1,60–2,69	2,293
	jura dolna	2220,0–2250,0	62	1,95–2,64	2,216
	toark	2220,0–2250,0	62	1,95–2,64	2,216
	toark górny	2220,0–2250,0	62	1,95–2,64	2,216

Tabela 15

Minimalne, maksymalne i średnie wartości porowatości efektywnej (K) dla poszczególnych wydziałów stratygraficznych uzyskane na podstawie zbioru pomiarów laboratoryjnych

The minimum, maximum and average values of effective porosity (K) for individual stratigraphic units, based on laboratory measurements database

Stratygrafia Stratigraphy		Przedziały głębokości Depth interval [m]	Liczba pomiarów Amount of measurements	K [%]	
				min.–maks. min.–max.	średnia arytmetyczna arithmetic average
KENOZOIK	CZWARTORZĘD	0,0–101,5	44	16–31	21,80
	NEOGEN	101,5–185,0	16	23–28	25,50
	miocen	101,5–185,0	16	23–28	25,50
	PALEOGEN	185,0–251,0	60	20–38	28,80
MEZOZOIK	KREDA	251,0–1559,3	1193	1–45	11,40
	kreda górna	251,0–1284,0	511	1–40	19,30
	kampan	251,0–859,0	248	2–40	26,20
	kampan górny	251,0–695,0	196	2–40	28,20
	kampan dolny	695,0–859,0	52	12–28	18,50
	santon	859,0–1008,0	48	2–32	11,80
	santon górny	859,0–955,0	28	5–32	14,30
	santon dolny	955,0–1008,0	20	2–15	8,40
	koniak	1008,0–1137,0	56	1–14	6,50
	koniak górny	1008,0–1086,5	32	1–12	5,20
	koniak dolny	1086,5–1137,0	24	4–14	8,20
	turon	1137,0–1262,0	76	3–37	14,90
	cenoman	1262,0–1284,0	80	9–21	14,90
	kreda dolna	1284,0–1559,3	682	1–45	7,80
	alb	1284,0–1347,5	163	1–24	7,20
	alb górny	1284,0–1288,5	13	11–24	18,20
	alb środkowy–dolny	1288,5–1347,5	150	1–23	6,10
	apt	1347,5–1377,0	91	1–32	13,80
	barrem	1377,0–1396,0	52	1–45	20,60
	hoteryw	1396,0–1410,0	34	1–32	13,90
	walanżyn	1410,0–1508,0	171	1–36	14,70
	walanżyn górny	1410,0–1419,5	0	–	–
	walanżyn dolny	1419,5–1508,0	171	1–36	14,70
	berias	1508,0–1560,0	172	1–27	1,74
	berias górny (riazań)	1508,0–1527,5	71	1–27	2,09
	berias dolny	1527,5–1559,3	100	1–19	1,46
	JURA	1559,3–2250,0	2104	1–31	6,90
	jura górna	1559,3–1933,5	1179	1–28	7,20
	tyton	1559,3–1682,0	436	1–24	7,20
	tyton górny	1559,3–1679,3	411	1–24	7,33
	tyton dolny	1679,3–1685,7	25	1–2	1,50
	kimeryd	1685,7–1747,0	200	1–16	4,20
	kimeryd górny	1865,7–1705,1	72	1–16	3,90
	kimeryd dolny	1705,1–1746,1	128	1–15	4,40
	oksford	1746,1–1933,5	543	1–28	8,20
	oksford górny	1746,1–1795,0	118	1–15	1,90
	oksford środkowy–dolny	1795,0–1933,5	425	1–28	11,90
	jura środkowa	1933,5–2250,0	925	1–31	6,50
	kelowej	1933,5–1981,0	166	1–31	6,80
	kelowej górny i środkowy	1933,5–1975,0	137	1–20	5,00
	kelowej dolny	1975,0–1981,0	29	3–31	16,00
	baton	1981,0–2094,0	345	1–31	7,90
	baton górny	1981,0–2009,0	91	1–16	5,70
	baton środkowy	2009,0–2044,2	94	1–31	13,40
	baton dolny	2044,2–2094,0	160	1–24	5,10
	bajos	2094,0–2220,0	352	1–27	5,90
	bajos górny	2094,0–2142,6	158	1–27	10,30
	bajos dolny–aalen	2142,6–2220,0	194	1–18	4,10
	jura dolna	2220,0–2250,0	62	1–17	5,50
	toark	2220,0–2250,0	62	1–17	5,50
	toark górny	2220,0–2250,0	62	1–17	5,50

Tabela 16

Wyniki badań porozymetrycznych utworów jury dolnej i środkowej
Results of porosimetric studies of the Lower and Middle Jurassic rocks

Głębokość Depth [m]	Litologia próbk i Lithology	Wiek Age	Gęstość materiałowa Grain density [g/cm ³]	Porowatość całkowita Total porosity [%]	Gęstość z szkieletowa Bulk density [g/cm ³]	Gęstość z porozytmu Density from porosimetr [g/cm ³]	Porowatość z porozytmu Porosity from porosimetr [%]	Średnia kapilarna Average diameter [μm]	Powierzchnia właściwa Sp ecific surface [m ² /g]	Pory>1 μm Pores>1 μm [%]	Średnica progowa Threshold diameter [μm]	Histeresa Histeresis [%]	Przepuszczalność Permeability [mD]
1956,70	mulowiec	kelowej środkowy-górny	2,83	3,23	2,74	2,66	2,96	0,02	1,90	23	0,10	55	2,248000
1983,60	mulowiec ilasty	baton górny	2,69	8,69	2,38	2,23	6,63	0,02	5,31	30	0,00	54	
2003,70	piaskowiec	baton górny	2,74	23,29	2,68	2,09	21,97	0,04	10,55	17	4,00	50	0,486584
2023,90	piaskowiec	baton środkowy	2,69	25,54	2,62	2,00	23,87	0,33	1,43	77	25,00	45	251,782900
2038,80	piaskowiec	baton środkowy	2,67	21,27	2,61	2,08	20,07	0,57	0,67	80	10,00	79	69,640000
2055,90	mulowiec ilasty	baton dolny	2,68	8,25	2,58	2,39	7,50	0,02	5,24	16	0,10	54	
2086,10	mulowiec ilasty	baton dolny	2,74	9,98	2,47	2,28	7,86	0,03	4,88	44	0,05	46	
2118,70	piaskowiec	bajos górny	2,68	24,48	2,64	2,01	23,54	0,17	2,78	70	25,00	40	192,170000
2146,70	piaskowiec	bajos dolny	2,65	20,25	2,63	2,11	19,85	4,51	0,08	94	30,00	22	469,770000
2176,50	piaskowiec	?bajos dolny ?	2,65	18,40	2,64	2,16	18,22	1,78	0,19	88	25,00	52	431,310000
2183,20	łupek	?aalen górny ?	2,43	4,56	2,31	2,21	4,07	0,04	2,00	54	0,00	36	
2215,50	piaskowiec	?aalen dolny ?	2,66	27,62	2,61	1,92	26,30	8,66	0,06	95	70,00	7	2134,884000
2245,10	piaskowiec	toark	2,65	14,97	2,61	2,24	14,39	1,14	0,23	85	35,00	32	258,562000

- porowatości całkowitej [%] – współczynnik całkowitej porowatości otwartej, wyliczony z pomiaru piknometrem helowym;
- gęstości szkieletowej [g/cm^3] – gęstość materiałowa wyliczona z porozymetru;
- gęstości z porozymetru [g/cm^3] – gęstość objętościowa badanej próbki;
- porowatości z porozymetru [%] – współczynnik porowatości efektywnej, wyliczony z porozymetru;
- średnia kapilara [μm] – wielkość przeciętnej kapilary;
- powierzchni właściwej [m^2/g] – wielkość powierzchni właściwej przestrzeni porowej;
- pory $>1 \mu\text{m}$ – procent przestrzeni porowej zbudowanej z porów o średnicach większych od $1 \mu\text{m}$;
- średnicę progową [μm] – wielkość średnicy progowej;
- histerezę [%] – wielkość efektu histerezy liczona w procentach przestrzeni porowej.

Wyniki badań przedstawiono w tabeli 16. Wskazują one na dobrą i bardzo dobrą porowatość piaskowców, w zakresie 14,97–25,54%, przy czym większość próbek wykazuje wartości $>20\%$ (mediana 22,28%). Ich przepuszczalność jest bardziej zmienna; niskie wartości uzyskano dla piaskowców z batonu górnego (0,49 mD) i środkowego (69,64 mD). Pozostałe próbki, pochodzące z piaskowców od toarku do batonu środkowego, wykazują wartości 192,17–469,77 mD. Największą przepuszczalność uzyskano dla próbki z ławu dolnego (2134,88 mD).

Mułowce i ilowce wykazują porowatość rzędu kilku procent (3,23–9,98%). Przepuszczalność zmierzono tylko w jednej próbce z ławu środkowego i górnego i wynosi ona 2,248 mD.