

1.1.5 Analizy parametrów petrologicznych i petrofizycznych dla skał zbiornikowych i uszczelniających

Janusz Jureczka, Włodzimierz Krieger, Jan Kwarciński – PIG-PIB OG

Pod kątem bezpiecznego składowania CO₂ na obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w I segmencie były brane pod uwagę poziomy solankowe występujące w następujących utworach:

- miocen – warstwy dębowieckie
- karbon górny (węglonośny) – krakowska seria piaskowcowa
- karbon górny (węglonośny) – górnośląska seria piaskowcowa
- karbon dolny – seria węglanowa
- dewon dolny / kambr – utwory terygeniczne.

Podstawowe znaczenie miały utwory miocenu i karbonu górnego, położone głównie w południowo-zachodniej, południowej i południowo-wschodniej części GZW. Z przeprowadzonej w innych punktach badawczych projektu analizy budowy geologicznej karbonu i utworów nadkładu w GZW wynika, że potencjał do składowania dwutlenku węgla na obszarze zagłębia i jego bezpośredniego otoczenia wykazują tylko utwory dwóch karbońskich jednostek litostratygraficznych – **górnoszląskiej serii piaskowcowej i krakowskiej serii piaskowcowej**, a w profilu utworów nadkładu – kompleks **warstw dębowieckich**.

Dla wykonanej analizy istotne znaczenie miały przede wszystkim dane z otworów PIG, zwłaszcza z szeregu otworów parametrycznych wykonanych w latach 1975-1987 o dość wszechstronnych (jak na owe czasy) badaniach, w tym m.in.:

- litologiczno-facjalnych
- biostratygraficznych (florystyczne, faunistyczne, sporowe, mikrofaunistyczne)
- petrograficzno-mineralogicznych
- jakościowych i ilościowych pokładów węgla (także petrografii węgla)
- diagenetycznych
- tektonicznych
- hydrogeologiczno-gazowych
- geotechnicznych
- geofizycznych.

Badania te dotyczyły głównie utworów karbonu, a w mniejszym zakresie także utworów nadkładu (m.in. miocenu). Do założonych w niniejszym Projekcie celów zostały wykorzystane wyniki badań z 18 takich otworów: Woszczyce IG-1, Wiry IG-1, Chełmek IG-1, Poręba Żegoty IG-1, Poręba Wielka IG-1, Krzyżowice IG-1, Ruptawa IG-1, Studzionka IG-1, Drogomyśl IG-1, Łąka IG-1, Piasek IG-1, Chybie IG-1, Czechowice IG-1, Rudzica IG-1, Dębowiec IG-1, Bestwina IG-1, Bielowicko IG-1, Zamarski IG-1. Rdzenie z tych otworów, z wyjątkiem części profilu otworu Bielowicko IG-1, są zlikwidowane. Pozostały próby pomniejszone z utworów karbonu (próby takie były brane praktycznie z każdej warstwy litologicznej, niestety część z nich uległa zniszczeniu) oraz szlify petrograficzne. Próby na badania petrograficzne były pobierane z rdzenia na ogół co 3-4 m, średnio z 1 otworu – ok. 250-400 prób. Zakres wykonanych ówczynie badań petrograficznych był bardzo szeroki. Szeroki był również zakres badań innych własności petrofizycznych skał wykonany w trakcie pozostałych badań, głównie hydrogeologicznych i geofizycznych. Szczegółowo zakresy wykonanych badań przedstawione są poniżej.

Zakres badań petrograficznych w otworach PIG

1. Badania mikroskopowe przy użyciu mikroskopu polaryzacyjnego (Amplival):

- analiza jakościowa i ilościowa na płytkach cienkich z wszystkich pobranych prób

- wyniki w postaci zestawień tabelarycznych i graficznych oddzielnie dla osadów drobnookruchowych i ilastych oraz dla osadów średniookruchowych.
 - skład granulometryczny poszczególnych frakcji oraz skład mineralny materiału okruchowego i domieszek, udział spoiwa, a także (dla osadów średniookruchowych) badania cech strukturalnych i teksturalnych, obrobienia materiału klastycznego oraz wskaźników petrograficznych i mineralogicznych, analiza obtoczenia ziarn.
2. Analiza planimetryczna składu mineralnego przy użyciu stolika integracyjnego (typ „Eltinor” z ośmiokanałowym licznikiem):
- dla osadów średniookruchowych
 - procentowy udział kwarcu, skaleni potasowych, plagioklazów, okruchów skał, łuszczyków (biotyt, muskowit), chlorytu, udział spoiwa ilastego i węglanowego, etc
3. Analiza rentgenograficzna (aparat produkcji japońskiej typu „Geigerflex” firmy Rigaku):
- skład mineralny substancji ilastej w osadach drobnookruchowych
 - spoiwo osadów średniookruchowych
4. Analiza spektrometryczna (aparat produkcji japońskiej typu „Geigerflex” firmy Rigaku):
- skład mineralny substancji ilastej w osadach drobnookruchowych
 - spoiwo osadów średniookruchowych
5. Analiza deriwatograficzna (aparat produkcji węgierskiej, typ 1500, system F. Paulik, J. Paulik, L. Erdej)
- skład mineralny substancji ilastej w osadach drobnookruchowych
 - spoiwo osadów średniookruchowych
6. Analiza minerałów ciężkich
- dla osadów średniookruchowych

Do określenia własności petrofizycznych istotne znaczenie mają także wyniki innych badań wykonane w otworach PIG, m.in.:

- stopnia diagenety, w tym pomiary gęstości objętościowej (próbki pobierane co 25-30 cm)
- parametrów geotechnicznych: prędkość fali podłużnej, wytrzymałość na ściskanie i rozciąganie (próby pobierane co 5-10 m)
- parametrów hydrogeologicznych (na podstawie badań laboratoryjnych): m.in.: porowatość, przepuszczalność, odsączalność, współczynnik filtracji, także gęstość objętościowa
- oraz kompleksowe badania geofizyczne (otworowe), w tym także akustyczne, prędkości średnich i termiczne.

Oprócz wyników badań wykonanych w parametrycznych otworach PIG do opracowania zagadnień własności petrofizycznych i petrologicznych wykorzystane zostały również wyniki badań z innych otworów odwierconych w GZW zlokalizowanych w wyznaczonych rejonach badawczych lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Są to głównie wyniki z laboratoryjnych badań hydrogeologicznych wykonanych w otworach węglowych (w pojedynczych przypadkach także otworach naftowych). Łącznie wykorzystano wyniki badań z 43 takich otworów, w tym:

- 5 otworów dla rozpoznania warstw dębowieckich: Bzie-Dębina 8, 16, 31; Kaczyce 9; Kalembice 1
- 32 otworów dla rozpoznania krakowskiej serii piaskowcowej: Ćwiklice 2, 9; Janina 83, 88, 90, 95, 96, 102; Kobiór 88, 92; Kobiór-Pszczyna 121; Międzyrzecze-Bieruń 6, 12, 14, 35, 44, 59, 63, 77, 79, 81, 93; Międzyrzecze 9; Oświęcim Polanka 4, 9, 10; Piast G2, Pszczyna 34, Silesia 9, 24; Studzienice 2, 6;
- 10 otworów dla rozpoznania górnośląskiej serii piaskowcowej: Bzie-Dębina 8, 16, 31; Ćwiklice 2; Międzyrzecze-Bieruń 10, Pszczyna 34, Pawłowice 1; Silesia 2, 9; Suszec 42

W niniejszej części analizy petrologicznej i petrofizycznej szczegółowo prezentowane są głównie wyniki badań petrograficznych oraz niektórych własności petrofizycznych (gęstość objętościowa). Pozostałe własności petrofizyczne (porowatość, przepuszczalność) prezentowane są w skali ogólnej – zbiorczej dla wyznaczonych rejonów badawczych, a w skali szczegółowej własności te prezentowane są w innych zadaniach projektu – zwłaszcza w zadaniu 1.1.6 „Charakterystyka hydrogeologiczna formacji wodonośnych i geochemiczna płynów złożowych”.

CHARAKTERYSTYKA PETROLOGICZNA

Karbon górny

Prezentowana poniżej analiza petrograficzna wyznaczonych rejonów badawczych w utworach karbońskich oparta jest o wyniki badań wykonane w otworach parametrycznych PIG (tab. 1). Szczegółowy zakres wykonanych badań oraz podstawowe informacje metodyczne zostały podane w przedstawionym wyżej zakresie badań petrograficznych w otworach PIG. Łącznie analizą dla utworów karbońskich objęto 17 otworów wiertniczych, w których dla omawianych badań pobrano 1304 prób z utworów krakowskiej serii piaskowcowej i górnośląskiej serii piaskowcowej (Tab. 1.1.5.1.). W analizie ujęto również wyniki badań dla serii mułowcowej, oparte także o dokładne i gęste opróbowanie tych utworów rzędu kilkuset prób.

Tabela. 1.1.5.1. Opróbowanie dla badań petrograficznych w otworach parametrycznych PIG

Seria litostratygraficzna	Otwory wiertnicze		Ilość prób		
	ilość	nazwa	średniokruchowe	drobnookruchowe	pozostałe
krakowska seria piaskowcowa	6	Poręba Żegoty IG-1	202	30	-
		Chelmek IG-1	127	22	1
		Poręba Wielka IG-1	66	3	1
		Woszczyce IG-1	23	23	-
		Piasek IG-1	10	2	-
		Wyry IG-1	130	7	-
		razem:	558	87	2
górnos Śląska seria piaskowcowa	15	Krzyżowice IG-1	-	-	-
		Studzionka IG-1	78	35	-
		Ruptawa IG-1	33	6	-
		Drogomyśl IG-1	33	17	-
		Piasek IG-1	46	22	1
		Łąka IG-1	30	18	-
		Rudzica IG-1	35	6	-
		Dębowiec IG-1	24	10	-
		Zamarski IG-1	33	22	-
		Bestwina IG-1	11	10	-
		Poręba Wielka IG-1	1	4	-
		Wyry IG-1	66	38	-
		Chybie IG-1	34	17	-
		Chelmek IG-1	6	-	-
		Czechowice IG-1	6	15	-
razem:	436	220	1		

Górnos Śląska seria piaskowcowa (GSP)

W obrębie występowania górnośląskiej serii piaskowcowej w oparciu o kryteria geologiczne

wybrano trzy rejony badawcze w południowej i centralnej części GZW:

5. „**Piasek-Studzienice**” w centralnej części GZW, w skrzydle wiszącym uskoku jawiszowickiego,
6. „**Pawłowice-Pszczyna-Ćwiklice**” w południowej części GZW, w skrzydle wiszącym uskoku ruptawskiego
7. „**Zebrzydowice-Drogomyśl-Chybie**” w południowej części GZW

W rejonach tych górnośląska seria piaskowcowa stanowi kompleks skał piaskowcowo-mułowcowo-iłowcowy, w którym dominują gruboławicowe piaskowce osiągające sumaryczne miąższości do 50-350 m (miąższość całej serii sięga 450 m, przeważnie wynosi w granicach 100-350 m). Strop serii zalega na ogół na głębokościach od 900-1000 m do 1500-1700 m, pod przykryciem serii mułowcowej o zróżnicowanej miąższości od kilkudziesięciu do 1000 metrów, nad którą występują nieprzepuszczalne ilaste osady miocenu. Ze względu na istotne znaczenie serii mułowcowej, jako kompleks skalnego izolującego utwory górnośląskiej serii piaskowcowej, poniżej przytoczono również skróconą charakterystykę tej serii.

Petrologicznie utwory górnośląskiej serii piaskowcowej zbadano w otworach: Studzionka IG-1, Drogomyśl IG-1, Piasek IG-1, Łąka IG-1, Rudzica IG-1, Dębowiec IG-1, Zamarski IG-1, Chybie IG-1, Czechowice IG-1, Wiry IG-1, znajdujących się na wyznaczonych obszarach badawczych oraz w otworach: Krzyżowice IG-1, Ruptawa IG-1, Bestwina IG-1, Poręba Wielka IG-1, znajdujących się w bezpośrednim sąsiedztwie obszarów badawczych,

Osady średniookruchowe górnośląskiej serii piaskowcowej reprezentowane są przez piaskowce grubo i średnioziarniste, rzadziej drobnoziarniste i bardzo gruboziarniste oraz żwirowcowe. Tekstura analizowanych piaskowców jest mikrokierunkowa lub bezładna. Tekstura mikrokierunkowa zaznaczona jest przeważnie przez ułożenie łyszczyków, laminarną koncentrację skupień syderytu pelitycznego oraz detrytu węglistego, rzadziej przez laminarne nagromadzenie minerałów ciężkich. Stopień obtoczenia i wysortowania materiału okruchowego jest zmienny. Najczęściej występują ziarna subowalne, rzadziej owalne i angularne. W niektórych próbkach stwierdzono znaczny udział ziarn o charakterze pirogenicznym.

Według klasyfikacji F. J. Pettijohna i in. (1972) występują tu głównie waki arkozowe i lityczne, rzadziej arenity sublityczne i subarkozowe. Według klasyfikacji K. Łydki (1955) występują tu głównie szarogłazy niższego rzędu i piaskowce polimiktyczne. Materiał okruchowy reprezentowany jest głównie przez kwarc, rzadziej występują skalenie i okruchy skał oraz w niewielkich ilościach łyszczyki.

Kwarc jest minerałem dominującym. Ilość jego waha się w granicach od 24,2-96,2% zawartości materiału okruchowego przy średniej 62,1%. Kwarc wykazuje znikanie światła proste lub faliste, rzadziej falisto-plamiste. Sporadycznie występują w nim wrostki cyrkonu, turmalinu i łyszczyków.

Skalenie występują w zróżnicowanych ilościach i reprezentowane są przez skalenie potasowe, rzadziej plagioklasy. Skalenie potasowe to głównie ortoklaz i sporadycznie mikroklin o zbliżeniu kratkowym. Ziarna ortoklazu wykazują objawy wietrzenia. Ilość skaleni potasowych wynosi do 24,6% zawartości materiału okruchowego przy średniej 8,1%. Plagioklasy wykazują zbliżenia albitowe, a maksymalny kąt wygaszania światła wykazuje, że są kwaśnymi oligoklazami o zawartości 10-15% anortytu. Ilość plagioklazów waha się w granicach do 18,0% zawartości materiału okruchowego, przy średniej 2,2%. Ziarna plagioklazów również wykazują procesy wietrzenia.

Łyszczyki występują w niewielkich ilościach i reprezentowane są przez muskowitz i biotyt. Muskowitz o charakterze dość dobrze wykształconych łusek występuje w ilościach do 21,6% zawartości materiału okruchowego, przy średniej 2,5%. Biotyt występuje jako minerał lekko zwietrzały (niekiedy świeży). Ilość biotyту waha się w do 38,1% zawartości materiału okruchowego, przy średniej 2,0%. Chloryt występuje sporadycznie w ilościach 0,0-3,8% zawartości

materiału okruchowego, przy średniej 0,2% i wykazuje przeważnie charakter minerału pobiotyowego.

Okruchy skał występują w wyraźnie większych ilościach aniżeli w piaskowcach serii wyżej i niżej ległych. Reprezentowane są przez okruchy kwarcytów, rzadziej łupki kwarcytowe i okruchy skał magmowych. Wśród okruchów skał magmowych występują przeważnie okruchy tła skalnego skalenioowego kwaśnych skał wylewnych, znacznie rzadziej okruchy skał kryptoziarnistych oraz okruchy skał głębinowych. Ilość kwarcytów waha się w granicach od 0,0 do 53,4% zawartości materiału okruchowego przy średniej 15,6%, a ilość okruchów skał magmowych wynosi 0,0-12,2% zawartości materiału okruchowego przy średniej 2,3%.

Spoivo piaskowców GSP jest zróżnicowane. Występuje tu spoivo mieszane kaolinitowo-illitowe z domieszką chlorytu. W niektórych próbkach dominuje spoivo illitowe przy niewielkim udziale substancji kaolinitowej i kwarcowej. Ilość spoiva ilastego wynosi od 0,0 do 62,3% przy średniej 17,3%. W pojedynczych próbkach zaobserwowano udział spoiva kwarcowego. Spoivo węglanowe występuje w postaci domieszek i reprezentowane jest przez krystaliczny dolomit oraz pelityczny syderyt. Ilość spoiva dolomitycznego wynosi od 0,0 do 53,4% przy średniej 1,9%, a ilość spoiva syderytycznego wynosi od 0,0 do 65,0% przy średniej 1,4%.

Minerały ciężkie GSP to w większości minerały słabo odporne na wietrzenie, szczególnie łyszczyki. Z minerałów łyszczykowych dominuje zwietrzały biotyt i muskowitz. Występują również: rutil, turmalin i apatyt.

Osady drobnokruchowe górnoląskiej serii piaskowcowej występują w stosunkowo niewielkiej ilości i są reprezentowane przez mułowce i iłowce.

Mułowce występujące w GSP to przeważnie skały o strukturze mieszanej pelitowo-psamitowo-aleurytowej i teksturze mikrorównoległej. Udział frakcji pelitowej zamyka się przeważnie w przedziale 10-20% objętości masy skały, sporadycznie dochodzi do 30%. Domieszka frakcji drobnopsamitowej waha się od 12% do 30%. Ziarna są przeważnie angularne, subangularne, rzadziej subowalne. Ziarna o kształtach piroklastycznych występują sporadycznie.

W składzie mineralnym materiału okruchowego dominuje kwarc, którego ilość dochodzi do 90% objętości materiału okruchowego. Skalenie reprezentowane są zarówno przez skałki potasowe, jak i skałki sodowo-wapniowe. Skałki potasowe (ortoklaz) występuje średnio w ilości około 10%, natomiast skałki sodowo-wapniowe – średnio w ilości 0,4%. Łyszczyki występują tu w znacznie ale zmiennej ilości do 50%. Reprezentowane są przez biotyt, muskowitz i chloryt. Biotyt występuje w postaci różnej wielkości łusek, zarówno świeżych jak i zwietrzałych. Muskowitz tworzy różnej wielkości łuski bezbarwne. Dostatecznie często obserwuje się procesy wietrzenia zachodzące w kierunku hydromuskowityzacji. Chloryt występuje prawie w każdej próbce w postaci drobnych łusek i jest on najprawdopodobniej produktem po wietrzeniu łusek biotyty. Okruchy skał reprezentowane są przeważnie przez kwarcyty i łupki mikowo-kwarcytowe. W masie spajającej o charakterze spoiva kontaktowo-porowego obok minerałów ilastych występuje kwarc i skalenie tak potasowe jak i sodowo-wapniowe. Z minerałów ilastych dominuje kaolinit przy zwiększonym udziale illitu. Zmienne w swej ilości domieszki substancji węglanowej to wyłącznie syderyt o strukturze mikrytowej. Substancja węglista występuje w postaci okruchów oraz laminarnych skupień.

Iłowce charakteryzują się strukturą pelitową, teksturą – najczęściej kierunkową. Zbudowane są przeważnie z substancji drobnoziarnistej, często z domieszką drobnołuseczkowej substancji. Masa podstawowa iłowców zbudowana jest z substancji kaolinitowej przy stałej zawartości pelitu kwarcowego. Podrzędnie w skład minerałów ilastych wchodzi illit i chloryt. Często domieszką jest tu substancja węglanowa wykształcona w postaci pikrytu syderytu. W tej partii osadów występują również iłowce kryptokrystaliczne o teksturze bezładnej.

Seria mułowcowa (SM)

Osady serii mułowcowej można traktować jako warstwę uszczelniającą dla niżej zalegającej górnośląskiej serii piaskowcowej. Seria mułowcowa wykształcona jest monotonicznie. Dominują w niej osady drobnoklastyczne, reprezentowane głównie przez mułowce, a tylko podrzędnie przez iłowce. Petrologicznie utwory serii mułowcowej zbadano w tych samych otworach, co wyżej wymienionych dla górnośląskiej serii piaskowcowej.

Osady średniookruchowe serii mułowcowej wykształcone są jako piaskowce drobnoziarniste z dość licznymi wkładkami piaskowców średnioziarnistych. Rzadziej występują piaskowce bardzo drobnoziarniste i gruboziarniste. Tekstura piaskowców jest zróżnicowana. Częściej pojawia się tekstura bezładna, rzadziej mikrokierunkowa. Tekstura mikrokierunkowa zaznaczona jest głównie przez kierunkowe, często laminarne, nagromadzenie okruchów substancji węglistej oraz skupienia syderytu pelitycznego, rzadziej naprzemianległe przewarstwienia mułowcowi-piaskowcowe i sporadycznie przez frakcjonalny rozdział materiału okruchowego. Wyszortowanie i obtoczenie materiału okruchowego jest dość dobre. Przeważają ziarna subowalne i subangularne. Rzadziej występują piaskowce z dominacją ziarn o charakterze pirogenicznym.

Skład mineralny materiału ziarnistego w całym profilu serii mułowcowej jest zbliżony do siebie. Według klasyfikacji K. Łydki (1955) piaskowce budujące tę serię sytuują się przeważnie w polu piaskowców polimiktycznych, jak również w polu piaskowców kwarcowych. Według klasyfikacji F. J. Pettijohna i in. (1972) są to zarówno arenity jak i waki. Wśród arenitów dominują arenity sublityczne i lityczne, rzadziej subarkozowe i kwarcowe. Wśród wak występują waki arkozowe, lityczne i sporadycznie kwarcowe.

Podstawowym materiałem budującym piaskowce jest kwarc występujący w ilościach 46,3-94,0% zawartości materiału okruchowego przy średniej 78,5%. Skalenie występują w niewielkich ilościach i reprezentowane są głównie przez skalenie potasowe, rzadko plagioklasy. Ilość ich waha się w granicach 0,0-27,8% zawartości materiału okruchowego przy średniej 8,6%. Łyszczki występują w niewielkich ilościach i reprezentowane są głównie przez muskowit (0,0-10,2%, średnio 1,3%), rzadziej biotyt (0,0-9,2%, średnio 0,4%). Podwyższone ilości łyszczków występują w piaskowcach z większą zawartością materiału pirogenicznego. Chloryt występuje sporadycznie (średnio 0,03 %) wykazując cechy minerału pobiotytowego. Okruchy skał występują w zróżnicowanych ilościach uzależnionych przeważnie od wielkości ziarn materiału klastycznego. W piaskowcach drobnych i bardzo drobnoziarnistych ilość jest niewielka, natomiast wzrasta w piaskowcach gruboziarnistych, reprezentowane są przez kwarcyty drobnoziarniste (0,0-34,1%, średnio 7,1%), rzadziej przez okruchy kwaśnych skał magmowych (0,0-8,4%, średnio 1,9%) i łupków kwarcytowych (0,0-9,6%, średnio 1,3%).

Spoiwo piaskowców SM występuje najczęściej w typie masy porowej lub kontaktowo-porowej, a masą spajającą jest substancja niskodwójłomna, kryptoziarnista o składzie kaolinitowym przy dość znacznym udziale spoiwa kwarcowego, reagującymi z ziarnami. Niekiedy obserwuje się niewielki udział spoiwa drobnołuseczkowego o średniej dwójłomności i składzie illitowym. Substancja węglanowa występująca jako domieszka w spoiwie reprezentowana jest zarówno przez syderyt pelityczny jak i przez drobnoziarnisty dolomit.

Minerały ciężkie w SM reprezentowane są przez cyrkon, następnie rutyl, turmalin i apatyt. Biotyt występuje w niewielkich ilościach, jak i minerał silnie zwiętrzały.

Osady drobnookruchowe analizowane z serii mułowcowej to przeważnie mułowce i w nieco mniejszej ilości iłowce.

Mułowce charakteryzują się strukturą aleurytową grubo- lub drobnoziarnistą, z domieszką materiału pelitowego oraz drobnopsamitowego. Nieco rzadziej analizowano mułowce, które charakteryzują się strukturą prawie wyłącznie aleurytową, drobno- lub gruboziarnistą, zawierającą

tylko niewielkie domieszki materiału pelitowego. Odznaczają się przeważnie teksturą kierunkową, niekiedy nieciągłą, a znacznie rzadziej bezładną. Materiał ziarnisty zarówno frakcji aleurytowej jak i drobnopsamitowej jest wyraźnie kanciasty lub ostrokrawędzisty i dominują tu ziarna o kształtach angularnych, subangularnych, rzadziej subowalnych. Ziarna o kształtach piroklastycznych występują sporadycznie.

Głównym składnikiem materiału ziarnistego jest kwarc przy niewielkiej zawartości skaleni do 20%, minerałów łuszczykowych około 15%. W minimalnej ilości występują okruchy skał – około 6%. Ze skaleni zaobserwowano głównie ziarna ortoklazu i tylko w pojedynczych próbkach i w bardzo niewielkiej ilości plagioklasy. Skalenie najczęściej ulegają procesom wietrzenia idącym w kierunku kaolinityzacji. Z mik występuje przeważnie muskowitz oraz biotyt i chloryt. Okruchy skał to nieliczne występujące kwarcyty drobnoziarniste oraz łupki kwarcowe lub mikowo-kwarcowe.

Masa spajająca materiał ziarnisty w typie spoiwa porowego lub porowo-kontaktowego jest to substancja wykształcona w postaci drobnoziarnistej o obniżonej dwójłomności, zawierająca często domieszkę substancji drobnołuszczykowej o podwyższonej dwójłomności. Prawie stałą domieszką jest substancja węglanowa wykształcona głównie w postaci pelitowego lub bardzo drobnoziarnistego sydereytu. Dostyc często spotyka się wyraźne formy sferolityczne lub oolity sydereytyczne. Analizowane mułowce zanieczyszczone są w różnym stopniu substancją węglistą, która występuje w postaci okruchów lub laminarnych skupień.

Iłowce występujące w SM to skały o strukturze pelitowej, teksturze kierunkowej. Masa podstawowa zbudowana jest z agregatu silnie zrekrystalizowanego o jednorodnym wygaszaniu światła i obniżonej dwójłomności, barwy blado brunatnej. Głównym składnikiem mineralnym tych iłowców jest kaolinit, który dominuje nad illitem, chlorytem, skaleniami i kwarcem. Udział substancji węglistej jest niewielki i występuje w postaci bardzo drobnych okruchów lub brunatnego pigmentu.

Drugi typ analizowanych iłowców to skały o strukturze aleurytowo-pelitowej, teksturze równoległej. Udział materiału detrytycznego zamyka się w przedziale 20 – 40% objętości skały, co bardzo zbliża je do mułowców. Zdecydowanie przeważają ziarna kwarcu nad skaleniami, łuszczykami oraz okruchami skał krzemionkowych. Drobne domieszki węglanów występujących w tych iłowcach to sydereyt wykształcony w postaci pikrytu.

Podstawową masę skalną iłowców stanowi kaolinit przy pewnej zawartości illitu i chlorytu, który został stwierdzony tylko metodą rentgenowską. W masie tej ponadto tkwią drobne okruchy lub laminki substancji węglistej oraz grudki tlenków żelaza a niekiedy także krystaliczny piryt.

Krakowska Seria Piaskowcowa (KSP)

W obrębie występowania krakowskiej serii piaskowcowej w oparciu o kryteria geologiczne wybrano trzy rejony badawcze w centralnej, południowej i wschodniej części GZW:

- „**Zgoń-Kobiór**” w centralnej części GZW, w skrzydle zrzuconym uskoku bełskiego,
- „**Pszczyna-Ćwiklice**” w południowej części GZW, w skrzydle zrzuconym uskoku jawiszowickiego,
- „**Polanka-Zator-Spytkowice**” we wschodniej części GZW,

Krakowską serię piaskowcową w wyznaczonych rejonach badawczych tworzy kompleks piaskowcowo-mułowcowy, osiagający miąższości rzędu 200-800 m. Wodonośne są kompleksy gruboklastyczne, których udział w profilu litologicznym waha się od 75 do 90% ogólnej miąższości. Zbiorniki zalegają na głębokościach na ogół od 250-450 m (strop KSP) do 800-1100 m (maksymalnie ok. 1250 m) – spąg KSP i są przykryte ilastymi utworami neogenu o miąższościach wynoszących na ogół 200-400 m, maksymalnie do 650 m. Istotne znaczenie ma fakt, że w każdym z wyznaczonych obszarów, gdzie utwory krakowskiej serii piaskowcowej zalegają poniżej poziomu 800 m utwory te kontynuują się powyżej tego poziomu do głębokości w granicach na ogół 200-400 m i dopiero nad ich stropem zalega kompleks nieprzepuszczalnych utworów ilastych miocenu.

Inaczej mówiąc w obrębie krakowskiej serii piaskowcowej powyżej głębokości 800 m nie można wyznaczyć żadnego nieprzepuszczalnego pakietu ilastego o miąższościach rzędu 50 m i większych. Występujące tu przeławiczenia skał ilasto-mułowcowych (często z pokładami węgla) na ogół nie przekraczają 15-20 m grubości i są bardzo zmienne lateralnie.

Petrologicznie utwory krakowskiej serii piaskowcowej zbadano w otworach: Poręba Żegoty IG-1, Chełmek IG-1, Poręba Wielka IG-1, Piasek IG-1, Woszczyce IG-1 i Wiry IG-1.

Osady średniookruchowe to piaskowce głównie grubo- i średnioziarniste jak również piaskowce bardzo gruboziarniste. Mniejszy udział mają piaskowce drobnoziarniste i żwirowcowe. Tekstura piaskowców KSP jest najczęściej bezładna, rzadko mikrokierunkowa zaznaczona przez łuski mik lub frakcjonalny rozdział materiału klastycznego. Wysortowanie materiału ziarnistego jest słabe; dotyczy to głównie piaskowców bardzo gruboziarnistych lub żwirowców. Obtoczenie ziarn jest dość dobre; dominują tu ziarna subowalne, subangularne i owalne; w piaskowcach drobnoziarnistych większy udział mają ziarna subangularne i angularne. W niektórych próbkach stwierdzono obecność ziarn pirogenicznych.

Według klasyfikacji F. J. Pettijohna i in. (1972) piaskowce krakowskiej serii piaskowcowej to arenity sublityczne i subarkozowe, arenity lityczne oraz waki arkozowe i lityczne. Według klasyfikacji K. Łydki (1955) występują tu szarogłazy wyższego rzędu i rzadziej szarogłazy niższego rzędu.

Skład mineralny poszczególnych komponentów okruchowych jest następujący: kwarc jest minerałem podstawowym, skalenie i okruchy skał występują w zmiennych ilościach a udział łyszczyków najczęściej jest niewielki. Kwarc występuje w ilościach 22,2-92,3% zawartości materiału okruchowego przy średniej 49,6%. Skalenie reprezentowane są prawie wyłącznie przez skalenie potasowe – głównie ortoklaz i sporadycznie mikroclin. Ilość skalenia występuje w granicach 0,0-39,6% zawartości materiału okruchowego przy średniej 17,5%. Plagioklasy występują w minimalnych ilościach do 5% zawartości materiału okruchowego przy średniej 0,03%. Łyszczyki reprezentowane są przez biotyt i muskowitz. Biotyt wykazuje słaby stopień zwietrzenia. Ilość biotyту waha się w granicach 0,0-35,1% zawartości materiału okruchowego przy średniej 4,1%. Ilość biotyту jest zmienna i często uzależniona od wielkości materiału ziarnistego. Łuski biotyту spotyka się nawet w piaskowcach gruboziarnistych i żwirowcowych. Podwyższone ilości biotyту stwierdza się w piaskowcach o znamionach tufitowych. Muskowitz występuje w postaci łusek, a ilość jego waha się w granicach od 0,0-20% zawartości materiału okruchowego przy średniej 1,6%. Chloryt występuje w minimalnych ilościach i w nielicznych próbkach wykazując dość często cechy minerału pobiotytowego. Ilość chlorytu wynosi od 0 do 5% zawartości materiału okruchowego przy średniej 0,2%. Okruchy skał występują w ilościach znacznie większych niż w serii niżej ległej (SM) i reprezentowane są przez okruchy kwarcytów (0,0-61,4%, średnio 14,8%), rzadziej okruchy łupków – głównie kwarcytowych (0,0-25,0%, średnio 4,2%) oraz kwaśnych skał magmowych (0,0-10,3%, średnio 2,4%).

Spoivo osadów średniookruchowych KSP występuje w niewielkich ilościach, niewiele przekraczających 15%. Skład mineralny substancji ilastej jest kaolinitowy i jak wykazały analizy rentgenostrukturalne o strukturze minerału dość dobrze uporządkowanego, przy domieszce minerałów mikowych i chlorytu. Domieszka węglanów w spoiwie piaskowców jest niewielka i reprezentowana głównie przez sparyt dolomitowy, rzadko przez mikryt syderytowy. Sparyt dolomitowy w nielicznych próbkach stanowi typ spojwa bazalnego. Ilość spojwa dolomitycznego w tej serii wynosi 0,0-38,1% przy średniej 2,2%, a zawartość spojwa syderytycznego wynosi 0,0-10,6% przy średniej 0,2%.

Minerały ciężkie analizowane w osadach krakowskiej serii piaskowcowej to głównie biotyt i granat. Pozostałe minerały występują w mniejszych ilościach.

Osady drobnookruchowe krakowskiej serii piaskowcowej to głównie iłowce i mułowce.

Iłowce są to skały zarówno o strukturze wyłącznie pelitowej, jak i również o strukturze

mieszanej, aleurytowo-pelitowej (iłowce mułowcowe lub pylaste). Charakteryzują się teksturą słabo mikrokierunkową lub bezładną. Teksturę mikrokierunkową zaznaczają przeważnie kierunkowo ułożone drobne łuski minerałów ilastych, rzadziej laminarne nagromadzenia substancji węglanowej i substancji węglistej.

Iłowce o strukturze pelitowej, jak również o strukturze aleurytowo-pelitowej, zbudowane są z substancji mikroziarnistej o obniżonej dwójłomności, z niewielkim udziałem substancji drobnołuseczkowej o podwyższonej dwójłomności. Głównym składnikiem mineralnym tych iłowców jest kaolinit, który przeważa nad illitem, chlorytem i kwarcem. Udział substancji węglanowej jest niewielki i występuje w postaci pikrytu syderytowego.

Udział materiału detrytycznego w iłowcach mułowcowych zamyka się w granicach od 10% do sporadycznie 45%. Są to prawie wyłącznie ziarna kwarcu oraz drobne łuski jasnej miki i okruchy skał. Substancja węglista występuje w postaci drobnych okruchów i lamin.

Mułowce analizowane z KSP charakteryzują się strukturą mieszaną pelitowo-psamitowo-aleurytową. Odznaczają się przeważnie teksturą kierunkową zaznaczoną przez kierunkowe ułożenie łusek mik oraz laminki substancji węglistej, jak również przez smużyste ułożenie domieszek substancji węglanowej. W materiale ziarnistym obserwujemy ziarna regularne, subangularne oraz subowalne; sporadycznie występują ziarna piroklastyczne.

W składzie mineralnym materiału okruchowego dominuje kwarc nad skaleniami, łyszczykami i okruchami skał. Kwarc występuje w ilości do 90% objętości masy ziarn, niekiedy tylko w ilości około 50%. Skalenie występując w ilości średnio 7,5% to głównie skalenie potasowe, na których widoczny jest słaby stopień wietrzenia, zachodzący w kierunku kaolinityzacji. Plagioklasy występują w niewielkiej ilości, średnio około 0,3%. Łyszczyki reprezentowane są przez biotyt, muskowit i chloryt. Biotyt występuje wyłącznie w postaci łusek prawie niezmiennych. Muskowit tworzy drobne, lekko postrzępione łuski. Chloryt występuje w minimalnej ilości. Z okruchów skał analizowano okruchy drobnoziarnistych kwarcytów i łupków kwarcytowo-mikowych. Ilość ich wynosi około 1,7%

Masa spajająca o typie spoiwa porowego jest to substancja ilasta o niskiej i średniej dwójłomności. W składzie mineralnym substancji ilastej zdecydowanie przeważają kaolinit nad illitem. Substancja węglanowa reprezentowana jest tu przeważnie przez syderyt wykształcony w postaci pikrytu, sporadycznie sparytu. Substancja węglista występuje w postaci nieregularnych lamin, drobnych okruchów lub w postaci brunatnego pigmentu powodującego zabarwienie mułowców.

Miocen – warstwy dębowieckie

Warstwy dębowieckie tworzą równoleżnikowy pas o szerokości do 25 km, zalegający w spagowej części profilu miocenu, w południowej części GZW i jego południowym obrzeżeniu. Ich obszar występowania wynosi ok. 1750 km². Strop warstw dębowieckich zalega tu na głębokościach na ogół nie mniejszych niż 700-800 m, przeważnie w granicach 850-1100 m, z wyjątkiem części wschodniej i południowo-wschodniej, gdzie zalega na głębokościach znacznie większych, nawet do ok. 2400 m. W obrębie występowania utworów warstw dębowieckich w oparciu o kryteria geologiczne wybrano dwa rejony badawcze:

8. „Cieszyn-Skoczów-Czechowice” – w południowo-zachodniej części GZW i jego bezpośrednim obrzeżeniu

9. „Kęty-Andrychów” – w południowej części GZW i jego bezpośrednim obrzeżeniu

W rejonach tych warstwy dębowieckie tworzą utwory gruboklastyczne – piaskowce i zlepieńce o miąższościach zmiennych w przedziale od kilku-kilkunastu metrów do 250 m (na ogół w granicach 70-120 m), które wypełniają zagłębienia w stropie utworów paleozoicznych i zalegają na ogół na utworach karbońskich lub dewońskich (lub też – znacznie rzadziej – w głębokich rynnach erozyjnych zalegają na starszych utworach mioceńskich warstw zamarskich lub zebrzydowickich).

Przykryte są nieprzepuszczalnymi osadami ilastymi miocenu formacji skawińskiej, bądź też, na ograniczonym obszarze, zalegają bezpośrednio pod nasunięciem fliszu karpackiego.

Informacje o własnościach utworów budujących warstwy dębowieckie, pochodzące z otworów wiertniczych, w zdecydowanej większości są bardzo ubogie i ograniczają się tylko do podania podstawowego typu litologicznego przewierconych skał (część otworów wiercona była bezzrdzeniowo). Bogatszy zakres informacji pochodzi głównie z otworów PIG, w tym zwłaszcza z otworów parametrycznych odwierconych w omawianym regionie w latach 1978-1987. Z tej grupy otworów w wyznaczonych rejonach badawczych zlokalizowane są następujące otwory: Bestwina IG-1, Bielowicko IG-1, Chybie IG-1, Cieszyn IG-1, Czechowice IG-1, Dębowiec IG-1, Drogomyśl IG-1, Rudzica IG-1, Zamarski IG-1,. W otworach tych profil warstw dębowieckich był rdzeniowany, a uzyskane rdzenie były poddane szczegółowym makroskopowym badaniom litologiczno-facjalnym wraz z określeniem podstawowego składu petrograficznego. Niestety z wyjątkiem otworu Zamarski IG-1, nie były wykonywane petrograficzne badania mikroskopowe. Badaniom makroskopowym poddane były również występujące nad warstwami dębowieckim ilaste osady miocenu formacji skawińskiej. Co prawda w większości otworów profil tych utworów był rdzeniowany odcinkowo, ale ze względu na małą zmienność litologiczną skał budujących formację skawińską, ich opis można uznać za wystarczający. Poniżej przedstawiono charakterystykę litologiczną warstw dębowieckich z elementami petrograficznymi oraz podstawowe dane litologiczne formacji skawińskiej oparte o badania wykonane w wymienionych wyżej otworach.

Wyróżniającą cechą gruboklastystycznych osadów dębowieckich jest wyraźna, normalna gradacja uziarnienia w profilu pionowym. W profilach otworów obserwuje się stopniową zmianę wielkości ziarn od najgrubszych w spągu warstw (głazowiska, zlepieńce gruboziarniste z blokami skał o wielkości do 30-40 cm) do drobnych w stropie (piaskowce drobno- i średnioziarniste). W profilu wyższej – piaszczystej – części warstw dębowieckich przeważają jednak piaskowce średnio- i gruboziarniste, czasem różnoziarniste. Piaskowce te są słabo zwięzłe, wapniste, lityczno-arkozowe, często o przekątnej laminacji podkreślonej zmianą uziarnienia lub muskowitem. Z kolei w niższej – zlepieńcowej – części warstw dębowieckich przeważają zlepieńce drobno- i średnioziarniste, czasem różnoziarniste, na ogół słabo zwięzłe, o rozproszonym lub zwartym szkielecie ziarnowym, polimiktyczne.

Jedną z zasadniczych warstw dębowieckich cech są również lateralne zmiany uziarnienia. Grubsze frakcje dominują w części południowej omawianego obszaru. Ku północy zmniejsza się wielkość ziarn w całym kompleksie osadów. W północnej i północno-zachodniej części obszaru najgrubszymi frakcjami osadów dębowieckich są zlepieńce drobnoziarniste, a w profilu przeważają piaskowce różnoziarniste.

Wyniki badań petrograficznych wykonane na rdzeniach z otworów parametrycznych PIG wskazują, że wysortowanie materiału ziarnowego i stopień obtoczenia są bardzo zmienne; występują tu zarówno ziarna/klasty słabo obtoczone lub nieobtoczone, ostrokrawędziste, pokruszone, jak i półobtoczone, lub dobrze obtoczone.

Skład petrograficzny materiału ziarnistego jest zróżnicowany litologicznie. W piaskowcach występują kwarc i łuszczyki (głównie muskowit), skalenie i okruchy skał osadowych, rzadziej magmowych. Zawartość kwarcu i łuszczyków sięga 50-60%. Pozostała część to głównie okruchy skał o różnej wielkości rzędu kilku-kilkunastu milimetrów. Są to okruchy skał karbońskich budujących GZW (skały ilasto-mułowcowe, piaskowce, syderyty, nierzadko węgle kamienne), okruchy skał węglanowych, magmowych, krystalicznych i metamorficznych (kwarcyty, łupki mikowo-chlorytowe). Spoiwo w obrębie tych osadów jest typu kontaktowego lub porowego. Najczęściej ma ono charakter masy detrytycznej scementowanej grubokrystalicznym kalcytem. Analogiczne okruchy skał/klasty/otoczaki występują w zlepieńcach. Zlepieńce charakteryzują się bardzo zróżnicowaną zawartością spoiwa w granicach 10-80%, na ogół jest to spoiwo piaszczyste. Przykładowy skład petrograficzny warstw dębowieckich z otworu Zamarski IG-1 (głównie w odniesieniu do części piaszczystej) prezentuje Tabela 1.1.5.2.

Tabela 1.1.5.2. Wyniki badań petrograficznych warstw dębowieckich w otworze Zamarski IG-1

Głębokość w m	Skład minerałów podstawowych														glaukonit	Stwierdzenie obecności niektórych minerałów ciężkich	ziarnistość w %									Obtoczenie ziarn				Cechy teksturalne		Udział spoiwa									
	kwarc	arkozy	szarogłazy	skalenie		miki			okruchy skał								cyrkon	ruty	turmalin	apatyt	granat	aleuryt	b. dr. ziar.	dr. ziar.	śr. ziar.	gr. ziar.	b. gr. ziar.	żwirowiec dr.	żwirowiec śr.	żwirowiec gr.	obtoczone	zaokrąglone	kanciaste	ostrokanciaste	piroklastyczne	beziadna	niewyraźnie równoległa	równoległa	ilastego	węglanowego	kwarcowego
				plagioklasy	biotyt	muskowit	chloryt	wapień	mulowiec ilowiec	piaskowiec	kwarcyty	łupki młk	gnejsy	magmowe																											
1079,70	9	19	72	6	13	2	3	x	30	9	3	15	3	2	5	x			x			10	20	60	10					x	x			x			4	10	1		
1083,70	30	10	60	4	6	4	6	x	25	2	2	15	5	1		x		x	x			40	30	20	10						x	x			x			1	5		
1085,95	15	15	70	7	8	3	5	x	30	8	4	8	1	1		x		x			5	50	20	20	5					x	x	x		x			2	4	1		
1088,60	6	7	88	3	4	3	3	x	28	10	16	8	10	5	6	x		x			5	20	50	10	15					x	x			x			3	6	1		
1088,60	7	8	85	4	4	3	4	x	28	10	15	8	9	4	4	x					5	5	20	50	20				x	x	x		x			1	3	1			
1094,40	26	7	67	3	4	4	5	x	20	8	2	5	4	5	19	x	x						15	15	20	30	20		x	x			x			2	1				
1097,40	20	10	70		10	2	4	x	30	10		14	2			x	x						25	25	20	30			x	x			x			4					
1099,00	30	10	60	4	6	4	6	x	25	2	2	15	5	1		x					5	5	15	25	30	20			x	x			x			2	5	1			
1100,10	2	4	94	1	2		2	x	40	10	10	5	7	6	14	x							10	10	20	40	20		x	x			x			1	1				
1111,00	3	2	95		2		2		40	10	10	5	7	5	15								15	15	20	40	10		x	x	x		x			1	3	1			
1115,20	2	4	94	1	2		2		40	10	10	5	7	6	14	x							15	15	20	40	10		x	x			x	x		1	1				

Nadkład warstw dębowieckich – neogen (miocen)

W nadkładzie warstw dębowieckich występuje seria ilasto-mułowcowa, miejscami ze znacznym udziałem osadów piaszczystych, należąca do formacji skawińskiej neogenu. Miejscami (głównie w południowej części) w nadkładzie warstw dębowieckich występują utwory fliszu karpackiego o miąższościach do 1000 m (otwory: Cieszyn 10, Międzywień H1, oraz położone poza rejonami badawczymi Potrójna IG-1, Łodygowice IG-1).

Morskie ilasto-mułowcowe i mułowcowo-margliste osady formacji skawińskiej kończą sedymentację molasy miocenijskiej. Na omawianym obszarze leżą one na osadach warstw dębowieckich lub bezpośrednio na paleozoiku. W wyniku sedymentacji osadów tej formacji następuje całkowite wypełnienie dolin i przykrycie paleogrzebów. Osady formacji skawińskiej mają bardzo duży zasięg lateralny i przykrywają ok. 70-80% całego obszaru badań. Ich miąższość jest silnie zróżnicowana od 0 m w rejonie Cieszyna i Ustronia do 1000 m w rejonie Jawiszowic i 1100 m w rejonie Zebrzydowic. Na formację skawińską w końcowej fazie procesów orogenicznych Karpat nasunięte zostały jednostki fliszu karpackiego. Pod nasunięciem karpackim miąższość formacji maleje ku południowi wraz ze wzrostem miąższości nasunięcia.

Na większości obszaru charakter sedymentacji formacji skawińskiej jest typowy tzn. ilasto-mułowcowy, z niewielkimi przewarstwieniami piaszczystych. Skały ilasto-mułowcowe są lekko margliste lub wapienne, słabo zwięzłe, jednorodne lub laminowane materiałem pylastym bądź piaszczystym. Pojedyncze cienie na ogół przewarstwienia piaszczyste tworzą piaszczysto- i średnioziarniste, zwięzłe. Wyraźny wzrost udziału osadów gruboklastycznych w profilu formacji skawińskiej obserwuje się w rejonie Bielska. Przykładem jest profil tych osadów w otworze Bestwina IG-1. Kompleksy piaszczysto-zlepieńcowe poprzedzane wkładkami mułowców osiągają tu miąższość do 120 m. Na obecnym etapie rozpoznania geologicznego nie można jednak prognozować, jaki jest zasięg lateralny tych osadów i jaka jest ich forma. Mogą to być formy soczewkowe piaszczysto-zlepieńcowe obocznie przechodzące w osady drobnoziarniste. Poniżej przedstawiony jest przykładowy profil warstw dębowieckich i utworów nadkładu w otworze Chybie IG-1.

CHYBIE IG-1 (259,85 m n.p.m.)

Miocen 31,00-992,50 m

Formacja skawińska 31,00 – 909,00 m

- 31,0-180,7 iłowiec pylasty, zwięzły, w stropie do 87,0 m słabo zwięzły przechodzący w ił, laminacja równoległa, podkreślona materiałem pylastym, laminy do 1,0 mm.
- 180,7-396,0 mułowiec z przejściami do iłowca pylastego laminowany materiałem piaszczystym i piaszczysto-ziarnistym, zwięzły, laminy bardzo cienie do 1,0 mm, pojedyncze do 1-4 cm.
- 396,0-591,0 mułowiec słabo piaszczysty laminowany miejscami piaszczysto-ziarnistym, rzadziej materiałem piaszczystym, zwięzły.
- 591,0-592,8 piaskowiec o frakcjonalnym normalno-gradacyjnym uziarnieniu, zwięzły, przewaga ziaren frakcji średniej (do 60%), ziarna słabo obtoczone, ostrokrawędziste.

- 592,8-909,0 mułowiec słabo piaszczysty laminowany rzadko piaskowcem drobnoziarnistym i materiałem piaszczystym, zwięzły, na odcinku 750,00-876,60 z 6 cienkimi przerostami piaskowca drobnoziarnistego.

Formacja dębowiecka – ogniwo dębowieckie 909,00 – 992,50 m (83,50 m)

909,00-975,90 – część piaszczysta (66,90 m)

- 909,0-909,2 piaskowiec drobnoziarnisty, zwięzły, polimiktyczny – kwarc, skalenie, muskowit, okruchy skał, nierównoziarnisty.
- 909,2-914,2 piaskowiec średnioziarnisty, laminowany, polimiktyczny – kwarc, skalenie, okruchy skał głównie osadowych (piaskowce, mułowce), słabo zwięzły
- 914,2-920,6 piaskowiec gruboziarnisty, nierównoziarnisty, polimiktyczny – piaskowce, mułowce, kwarc, skalenie, słabo zwięzły.
- 920,6-926,55 piaskowiec średnioziarnisty, od gruboziarnistego w spagu do drobnoziarnistego w stropie, polimiktyczny – kwarc, skalenie, muskowit, okruchy skał.
- 926,55-931,55 piaskowiec gruboziarnisty, nierównoziarnisty, w spagu 1,0 m z domieszką ziarn większych do 8 cm, polimiktyczny – kwarc, skalenie, muskowit, okruchy skał osadowych.
- 931,55-934,2 piaskowiec średnioziarnisty, z pojedynczymi (do 5 mm) większymi ziarnami, polimiktyczny – kwarc, skalenie, piaskowiec, mułowce.
- 934,2-944,5 piaskowiec zlepieńcowy, warstwowany, polimiktyczny (piaskowiec, mułowiec, skały węglanowe, kwarc, skalenie), nierównoziarnisty, maks. średnica ziarn 20 mm, średnio 5-4 mm.
- 944,5-951,9 piaskowiec gruboziarnisty, polimiktyczny (piaskowiec, mułowiec, skały węglanowe, kwarc, skalenie, muskowit), nierównoziarnisty maks. średnica. ziarn 60 mm, średnio 3-4 mm.
- 951,9-953,5 piaskowiec bardzo gruboziarnisty, polimiktyczny (kwarc, skalenie, piaskowiec, mułowce, węglany), nierównoziarnisty maks. średnica. ziarn 10 mm, średnio 3-4 mm.
- 953,5-953,6 mułowiec gruboziarnisty z domieszką muskowitu
- 953,6-965,05 piaskowiec bardzo gruboziarnisty, polimiktyczny (kwarc, skalenie, piaskowiec, mułowce, węglany), nierównoziarnisty maks. średnica. ziarn 15 mm, średnio 3-4 mm.
- 965,05-968,7 piaskowiec zlepieńcowy, polimiktyczny (kwarc, skalenie, piaskowiec, mułowce), nierównoziarnisty maks. średnica. ziarn 20 mm, średnio 5 mm.
- 968,7-972,35 piaskowiec grubo- i bardzo gruboziarnisty, polimiktyczny (kwarc, skalenie, piaskowiec, mułowce, muskowit), nierównoziarnisty maks. średnica. ziarn 15 mm, średnio 4 mm.

- 972,35-975,9 piaskowiec zlepieńcowy, polimiktyczny (kwarc, skalenie, piaskowiec, mułowce, muskowitz), nierównoziarnisty maks. średnica. ziarn 15 mm, średnio 4 mm.

975,90-992,50 – część zlepieńcowa (16,60 m)

- 975,9-976,1 zlepieniec o rozproszonym szkielecie ziarnowym, polimiktyczny (głównie mułowiec, piaskowiec), maks. 20 mm, śr. 4 mm.
- 976,1-977,2 piaskowiec zlepieńcowaty z dużą ilością spoiwa (75%), polimiktyczny (głównie mułowiec, piaskowiec, skały węglanowe, skalenie), maks. 18 mm, śr. 5 mm.
- 977,2-991,5 zlepieniec drobno-, średnio- i gruboziarnisty, polimiktyczny (mułowiec, piaskowiec, skały metamorficzne, magmowe i węglanowe), matriks od 40 do 80%, maks 180 mm, śr. 50 mm
- 991,5-992,5 brekcja rumoszowa, ostrokrawędziste fragmenty piaskowców, maks. 90 mm, śr. 50 mm.

CHARAKTERYSTYKA PETROFIZYCZNA

Własności petrofizyczne skał w wyznaczonych rejonach badawczych GZW oparto o wyniki badań wykonanych w parametrycznych otworach PIG (18 otworów) oraz innych wierceniach, głównie węglowych, w pojedynczych przypadkach także otworach naftowych (łącznie 43 otwory). Wykaz tych otworów w rozbiu na poszczególne badane formacje jest przedstawiony w części wstępnej. W niniejszej części analizy petrofizycznej szczegółowo są prezentowane wyniki oznaczeń gęstości objętościowej skał. Natomiast pozostałe własności petrofizyczne (porowatość, przepuszczalność) prezentowane są w skali ogólnej – zbiorczej dla wyznaczonych rejonów badawczych, a w skali szczegółowej własności te prezentowane są w innych zadaniach projektu – zwłaszcza w zadaniu 1.1.6 „Charakterystyka hydrogeologiczna formacji wodonośnych i geochemiczna płynów złożowych”.

Gęstość objętościowa skał karbońskich została scharakteryzowana w oparciu o wyniki badań diagenetycznych wykonanych w otworach parametrycznych PIG. Badania te cechują się bardzo dużą gęstością opróbowania. W wielu otworach częstotliwość opróbowania rdzenia wynosiła średnio co 25-30 cm. W Tabeli 1.1.5.3 podane są przykładowe ilości prób z kilku otworów wiertniczych w odniesieniu do badanych w niniejszym Projekcie serii litostratygraficznych karbonu oraz – dla porównania – miąższości tych serii.

Tabela 1.1.5.3. Przykładowe ilości oznaczeń gęstości objętościowej w otworach PIG

Lp.	Nazwa otworu	Ilość prób	Seria litostratygraficzna	Miąższość serii [m]
1	Drogomyśl IG-1	598	górnosłaska seria piaskowcowa	182,05
		3158	seria mułowcowa	920,40
2	Czechowice IG-1	111	górnosłaska seria piaskowcowa	77,05
		461	seria mułowcowa	359,0
3	Chybie IG-1	134	górnosłaska seria piaskowcowa	150,35

		755	seria mułowcowa	540,30
3	Łąka IG-1	574	górnoląska seria piaskowcowa	126,50
		2154	seria mułowcowa	563,80
5	Woszczyce IG-1	198	krakowska seria piaskowcowa	170,70
6	Wyry IG-1	37	krakowska seria piaskowcowa	410,2-0
7	Poręba Żegoty IG-1	84	krakowska seria piaskowcowa	792,20

W utworach górnoląskiej serii piaskowcowej średnie gęstości poszczególnych typów litologicznych osadów przedstawiają się następująco (g/cm^3):

- zlepieńce 2,457-2,627
- piaskowce różnoziarniste 2,419-2,651
- piaskowce gruboziarniste 2,415-2,645
- piaskowce średnioziarniste 2,426-2,658
- piaskowce drobnoziarniste 2,510-2,727
- mułowce piaszczyste 2,511-2,749
- mułowce 2,500-2,736
- iłowce pylaste 2,307-2,746
- iłowce 2,341-2,835.

Szczegółowo średnie gęstości skał w poszczególnych otworach w odniesieniu do głównych typów litologicznych w GSP przedstawia Tabela 1.1.5.4. W tabeli tej podano również średnią gęstość utworów karbońskich danej serii w profilach poszczególnych otworów wiertniczych.

Tabela 1.1.5.4. Średnie gęstości skał górnoląskiej serii piaskowcowej (g/cm^3)

Nazwa otworu	Zlepieńce	Piaskowce różnoziarniste	Piaskowce gruboziarniste	Piaskowce średnioziarniste	Piaskowce drobnoziarniste	Mułowce piaszczyste	Mułowce	Iłowce pylaste	Iłowce	Średnia gęstość
Bestwina IG-1		2,423	2,415	2,426	2,534	2,605	2,603	2,307	2,341	2,457
Chybie IG-1	2,549	2,535	2,554	2,593	2,629	2,620	2,657	2,566	2,710	2,496
Czechowice IG-1		2,419	2,521		2,648	2,682	2,640	2,617	2,644	2,435
Dębowiec IG-1		2,569	2,548	2,606	2,671	2,703	2,652	2,601	2,808	2,574
Drogomyśl IG-1		2,637	2,596	2,643	2,721	2,717	2,725	2,746	2,656	2,544
Krzyżowice IG-1	2,627	2,651	2,645	2,631	2,727	2,749	2,736	2,657	2,560	2,566
Łąka IG-1	2,559	2,564	2,543	2,585	2,664	2,703	2,676	2,711	2,632	2,488
Piasek IG-1		2,570	2,576	2,599	2,686	2,683	2,694	2,674	2,632	2,522
Rudzica IG-1	2,457	2,492	2,498	2,543	2,600	2,626	2,619	2,648	2,625	2,470
Ruptawa IG-1	2,492	2,499	2,473	2,478	2,510	2,511	2,500	2,498	2,477	2,433
Studzionka IG-1	2,607	2,610	2,626	2,658	2,696	2,736	2,695	2,708	2,835	2,581
Wyry IG-1	2,540	2,525	2,526	2,567	2,672	2,690	2,663	2,629	2,527	2,489
Zamarski IG-1		2,570	2,587	2,609	2,664	2,678	2,692	2,658	2,724	2,501

W utworach serii mułowcowej średnie gęstości poszczególnych typów litologicznych osadów przedstawiają się następująco (g/cm³):

- g) piaskowce średnioziarniste 2,282-2,682
- h) piaskowce drobnoziarniste 2,483-2,650
- i) mułowce piaszczyste 2,567-2,708
- j) mułowce 2,571-2,733
- k) iłowce pylaste 2,531-2,708
- l) iłowce 2,430-2,681.

Szczegółowo średnie gęstości skał w poszczególnych otworach w odniesieniu do głównych typów litologicznych w GSP przedstawia Tabela 1.1.5.5. W tabeli tej podano również średnią gęstość utworów karbońskich danej serii w profilach poszczególnych otworów wiertniczych.

Tabela 1.1.5.5. Średnie gęstości skał serii mułowcowej (g/cm³)

Nazwa otworu	Piaskowce średnioziarniste	Piaskowce drobnoziarniste	Mułowce piaszczyzste	Mułowce	Iłowce pylaste	Iłowce	Średnia gęstość
Chybie IG-1	2,464	2,581	2,640	2,641	2,616	2,499	2,468
Czechowice IG-1	2,397	2,483	2,632	2,636	2,649	2,577	2,464
Dębowiec IG-1	2,544	2,557	2,658	2,653	2,637	2,430	2,356
Drogomyśl IG-1	2,435	2,615	2,681	2,675	2,662	2,630	2,532
Krzyżowice IG-1	2,669	2,650	2,681	2,700	2,677	2,640	2,547
Łąka IG-1	2,449	2,517	2,670	2,671	2,664	2,595	2,478
Piasek IG-1	2,452	2,583	2,640	2,640	2,636	2,599	2,490
Poreba Wielka IG-1	2,282	2,487	2,567	2,571	2,531	2,431	2,384
Rudzica IG-1	2,682	2,564	2,615	2,641	2,646	2,601	2,474
Studzionka IG-1	2,508	2,625	2,708	2,733	2,708	2,681	2,529
Woszczyce IG-1	2,470	2,585	2,656	2,665	2,626	2,475	2,508
Wyry IG-1	2,396	2,507	2,649	2,632	2,634	2,555	2,477

W utworach krakowskiej serii piaskowcowej średnie gęstości poszczególnych typów litologicznych osadów przedstawiają się następująco (g/cm³):

- ◆ zlepiénce 2,267-2,422
- ◆ piaskowce różnoziarniste 2,211-2,389
- ◆ piaskowce gruboziarniste 2,190-2,379
- ◆ piaskowce średnioziarniste 2,214-2,402
- ◆ piaskowce drobnoziarniste 2,307-2,524
- ◆ mułowce piaszczyzste 2,432-2,565
- ◆ mułowce 2,432-2,552
- ◆ iłowce pylaste 2,317-2,570
- ◆ iłowce 2,176-2,350.

Szczegółowo średnie gęstości skał w poszczególnych otworach w odniesieniu do głównych typów litologicznych w KSP przedstawia Tabela 1.1.5.6.

Tabela 1.1.5.6. Średnie gęstości skał krakowskiej serii piaskowcowej (g/cm³)

Nazwa otworu	Zlepiénce	Piaskowce różnoziarniste	Piaskowce gruboziarniste	Piaskowce średnioziarniste	Piaskowce drobnoziarniste	Mułowce piaszczyzste	Mułowce	Iłowce pylaste	Iłowce	Średnia gęstość
--------------	-----------	--------------------------	--------------------------	----------------------------	---------------------------	----------------------	---------	----------------	--------	-----------------

Chełmek IG-1	2,267	2,211	2,190	2,214	2,307	2,480	2,484	2,428	2,308	2,197
Poręba Wielka IG-1	2,315	2,281	2,348	2,332	2,383	2,515	2,541	2,570	2,350	2,301
Poręba Żegoty IG-1	2,314	2,271	2,278	2,316	2,368	2,432	2,432	2,366	2,335	2,262
Woszczyce IG-1	2,422	2,389	2,379	2,402	2,524	2,565	2,552	2,560	2,352	2,380
Wiry IG-1	2,400	2,386	2,318	2,316	2,379	0,000	2,465	2,317	2,176	2,315

W powyższych zestawieniach nie uwzględniono iłowców węglistych (gęstości na ogół w granicach 1,80-2,10 g/cm³), łupków węglowych (gęstości na ogół w granicach 1,50-1,80 g/cm³) i węgla (gęstości na ogół w granicach 1,30-1,50 g/cm³), a także kilku innych sporadycznie występujących rodzajów skał (m. in. tufitów, syderytów). Generalnie w profilach otworów wiertniczych obserwuje się wzrost średniej gęstości objętościowej wraz z głębokością zalegania serii litostratygraficznych, w zależności oczywiście od typu litologicznego osadu, co jest odzwierciedleniem wzrostu diagenety skał karbońskich. Najmniejsze średnie gęstości wykazuje krakowska seria piaskowcowa, największe górnośląska seria piaskowcowa.

W utworach warstw dębowieckich gęstość objętościowa została scharakteryzowana w oparciu o oznaczenia tego parametru wykonane trakcie badań hydrogeologicznych badań laboratoryjnych. Ilość oznaczeń nie jest zbyt wysoka (Tab. 1.1.5.7). W tabeli 1.1.5.7 oprócz średniej gęstości skał w warstwach dębowieckich podane zostały także wyniki oznaczeń tego parametru dla warstw skawińskich (nadkład warstw dębowieckich) oraz warstw zamarskich (w podłożu warstw dębowieckich na ograniczonym obszarze).

Tabela 1.1.5.7. Średnie gęstości skał utworów miocenu (g/cm³)

L.p.	Jednostka stratygraficzna	Litologia	Gęstość objętościowa	Ilość prób	Ilość otworów
1	warstwy dębowieckie	piaskowce	2,50	34	8
		zlepieńce	2,48	62	13
2	warstwy skawińskie	iłowce	2,50	1	1
		mułowce	2,57	5	4
		piaskowce	2,50	2	2
3	warstwy zamarskie	piaskowce	2,48	5	1
		zlepieńce	2,63	3	1

Porowatość efektywna w utworach górnośląskiej serii piaskowcowej i krakowskiej serii piaskowcowej oraz w utworach warstw dębowieckich została oznaczona na podstawie laboratoryjnych badań próbek z rdzeni otworów wiertniczych. Próby do badań pochodziły z utworów gruboklastycznych – głównie piaskowców, a znacznie rzadziej (z wyjątkiem warstw dębowieckich) – zlepieńców. W pojedynczych przypadkach badano również utwory drobnoklastyczne – mułowce i iłowce.

Dla utworów górnośląskiej serii piaskowcowej w wyznaczonych rejonach badawczych i ich bezpośrednim sąsiedztwie wykonano 1012 oznaczeń. Współczynnik porowatości efektywnej waha się w zakresie 0,001-34,02%, średnio wynosi 6,30%. Jego maksymalna wartość jest wysoka, trzeba jednak zauważyć, że wartość większą lub równą 10%

stwierdzono tylko w 158 oznaczeniach, a wartość większą lub równą 20% – w 8 oznaczeniach.

Dla utworów krakowskiej serii piaskowcowej w wyznaczonych rejonach badawczych i ich bezpośrednim sąsiedztwie wykonano 1103 oznaczenia. Współczynnik porowatości efektywnej waha się w zakresie 0,34-36,71%, średnio wynosi 15,98%. W odróżnieniu od GSP porowatość utworów KSP jest znacznie wyższa. Wartość większą lub równą 10% stwierdzono aż 951 oznaczeniach, a wartość większą lub równą 20% w 180 oznaczeniach.

Dla utworów warstw dębowieckich w wyznaczonych rejonach badawczych i ich bezpośrednim sąsiedztwie wykonano 90 oznaczeń. Współczynnik porowatości efektywnej waha się w zakresie 0,12-28,40%, średnio wynosi 10,30%. Wartość większą lub równą 10% stwierdzono w 42 oznaczeniach, a wartość większą lub równą 20% w 8 oznaczeniach.

Przepuszczalność w utworach górnos Śląskiej serii piaskowcowej, krakowskiej serii piaskowcowej i w utworach warstw dębowieckich została oznaczona – analogicznie jak w przypadku porowatości – na podstawie laboratoryjnych badań próbek z rdzeni otworów wiertniczych. Próby do badań pochodziły z utworów gruboklastycznych – głównie piaskowców, a znacznie rzadziej (z wyjątkiem warstw dębowieckich) – zlepieńców. W pojedynczych przypadkach badano również utwory drobnoklastyczne – mułowce i ilowce.

Dla utworów górnos Śląskiej serii piaskowcowej w wyznaczonych rejonach badawczych i ich bezpośrednim sąsiedztwie wykonano 960 oznaczeń. Współczynnik przepuszczalności waha się w zakresie 0,001-1000 mD, średnio wynosi 4,02 mD. Maksymalna wartość współczynnika jest bardzo wysoka, trzeba jednak zauważyć, że wartość większą niż 100 mD stwierdzono tylko w 7 oznaczeniach, a wartość większą od 200 mD – w 4 oznaczeniach.

Dla utworów krakowskiej serii piaskowcowej w wyznaczonych rejonach badawczych i ich bezpośrednim sąsiedztwie wykonano 1063 oznaczenia. Współczynnik przepuszczalności waha się w zakresie 0,001-1000 mD, średnio wynosi 51,65 mD. Wartość większą niż 100 mD stwierdzono w 159 oznaczeniach, wyższą niż 200 mD w 67 oznaczeniach, a wyższą niż 300 mD – w 26 oznaczeniach.

Dla utworów warstw dębowieckich w wyznaczonych rejonach badawczych i ich bezpośrednim sąsiedztwie wykonano 70 oznaczeń. Współczynnik przepuszczalności waha się w zakresie 0,003-415 mD, średnio wynosi 39,30 mD. Wartość większą niż 100 mD stwierdzono w 8 oznaczeniach, wyższą niż 200 mD w 7 oznaczeniach, a wyższą niż 300 mD – w 4 oznaczeniach.