



Marek REMBIŚ*

Zmienność litologiczna dolomitów triasowych ze złoża Ujków Stary jako czynnik warunkujący ich przydatność do produkcji kruszyw stosowanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym

Streszczenie: Złoże dolomitów Ujków Stary jest pozabilansowym fragmentem dawnego złoża rud cynku i ołowiu kopalni Bolesław. Opracowanie jego dokumentacji geologicznej z 2006 roku stworzyło nowe perspektywy pozyskania surowca skalnego ze skał dolomitycznych dolnego i środkowego wapienia muszlowego, występujących w serii złożowej. Skały te są wyraźnie zróżnicowane pod względem cech strukturalnych i teksturalnych oraz udziału składników mineralnych. W artykule przedstawiono charakterystykę tej zmienności na podstawie badań próbek skał pobranych z różnych części dwóch poziomów eksploatacyjnych złoża. Stwierdzono, że w złożu występują dolomity o strukturze mikrosparytowej i sparytowej (drobnokrystalicznej i średniokrystalicznej) oraz brekcje dolomityczne. Dowiedziono, że różnorodność petrograficzna skał, związana z ich genezą, ma istotny wpływ na zmienność ich podstawowych fizyczno-mechanicznych właściwości: gęstości objętościowej, nasiąkliwości i wytrzymałości na ściskanie. Ta zmienność petrograficzna skał decyduje także o niejednorodności jakościowej uzyskanych z nich kruszyw. Podstawą do wnioskowania w tym zakresie były wyniki badań odporności na ścieranie (wskaźnik mikro-Devala) i rozdrabnianie (wskaźnik Los Angeles) oraz ocena poziomu reaktywności alkalicznej kruszyw reprezentujących wybrane odmiany dolomitów oraz mieszaninę wszystkich wydzielonych odmian. Stwierdzono, że poszczególne partie kruszywa dolomitowego, pozyskiwane z różnych części złoża, mogą odpowiadać odmiennym kategoriom, określonym przez normy PN-EN. Wykazują one tym samym zróżnicowaną przydatność do stosowania ich między innymi w betonach, mieszankach bitumicznych stosowanych w powierzchniach przeznaczonych do ruchu oraz w niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałach używanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym.

Słowa kluczowe: dolomity, kruszywo łamane, wskaźnik mikro-Devala, wskaźnik Los Angeles, reaktywność alkaliczna

* Dr hab., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Geologii Złożowej i Górnictwej; e-mail: mrembis@geol.agh.edu.pl

Lithological variability of the Triassic dolostones from the Ujków Stary deposit as a factor deciding on their applicability to manufacturing structural and road aggregates

Summary: The Ujków Stary deposit is an uneconomic fragment of the former zinc and lead mine in Bolesław. A geological report prepared in 2006 displays some new perspectives of the Lower-Middle Muschelkalk (Middle Triassic) dolostones. The rocks clearly differ considering their structures, textures and mineral composition. The author characterizes the rock variability based on the investigations of the samples collected from various exploitation levels of the Ujków Stary quarry. The rocks represent microsparitic and sparitic (fine- and medium-crystalline) dolostones, and dolostone breccias. The petrographical variability depends on the rock genesis and significantly affects the essential differences of the physical and mechanical properties of the dolostones, i.e., their bulk density, water absorption and compression strength. Therefore, the aggregates that are mined in Ujków Stary usually differ in their quality which results from the grindability resistance tests (micro-Deval index), fragmentation tests (Los Angeles index) and the alkaline reactivity assessment of the aggregates representing selected dolostone varieties and their components. Some dolostone aggregates obtained from various parts of the deposit correspond to various product categories determined according to PN-EN standards. For this reason, the applicability of the aggregates to be used, among others, to manufacturing concretes, bituminous road surface composites, and also set and unset hydraulic structural and road materials, may considerably vary.

Keywords: dolostones, crushed aggregate, micro-Deval index, Los Angeles index, alkaline reactivity

Wprowadzenie

Złoże dolomitów Ujków Stary znajduje się w województwie małopolskim, powiecie olkuskim, w miejscowości Ujków Stary, 2 km na SE od miejscowości Bukowno. Obszar, na którym występuje złożo, przez ponad dwadzieścia lat nie był przedmiotem gospodarczego zainteresowania, stanowiąc pozabilansową część złoża rud cynkowo-ołowiowych kopalni Bolesław koło Olkusza. Po zakończeniu wydobywania prowadzonego przez tę kopalnię podjęto prace badawcze, zakończone w roku 2006 opracowaniem dokumentacji geologicznej złoża Ujków Stary w kategorii C₁. Obszar górniczy ma formę nieregularnego wieloboku o powierzchni 12,62 ha (Włodarz i in. 2012). Przebieg granic złoża wynika z uwarunkowań własnościowych gruntów oraz ze sposobu zagospodarowania powierzchni. Jego zasoby przemysłowe według stanu na dzień 31.12.2016 r., wynoszą 9453 tys. ton. (Bilans zasobów 2016). Serię złożową tworzą utwory dolomityczne dolnego i środkowego wapienia muszłowego (środkowy trias), opisywane jako dolomity diploporowe i kruszonośne (Harańczyk 1981; Myszowska 1992; Wyszomirski i Przytuła 2010). Powstały one w wyniku diagenetycznej kompaktacji, rekrytalizacji, cementacji oraz epigenetycznej dolomityzacji zdeponowanych osadów węglanowych, zawierających przelawicenia ilaste (Śliwiński 1966, 1969; Bogacz i in. 1972, 1975). W wyniku procesów postdepozycyjnych doszło do mineralizacji dolomitów wodorotlenkami żelaza i związkami manganu (Gałkiewicz i Śliwiński 1985) oraz ich okruszczenia siarczkami cynku i ołowiu (Śliwiński 1969; Bogacz i in. 1972; Pawłowska i Szuwarzyński 1979; Mochnacka i Sass-Gustkiewicz 1981, 1982). Ławice dolomitów mają zróżnicowaną grubość i zalegają płytowo z niewielkim nachyleniem na NE. Miąższość złoża wynosi od 42,5 do 58,5 m (Jaworski 2004). Nadkład o miąższości od 0,2 do 7,2 m, wypełniał morfologiczne nierówności zerodowanego dolomitu. Obecnie jest on zdjęty z całej powierzchni złoża. Na stan z czwartego kwartału 2016 r. złożo zostało udostępnione za

pomocą dwóch poziomów eksploatacyjnych (fot. 1). Pierwszy z nich znajduje się na wysokości 315 m n.p.m., drugi 10 metrów niżej.



Fot. 1. Widok na N ścianę wyrobiska w złożu Ujków Stary

Phot. 1. The N wall of the Ujków Stary quarry

1. *Metodyka badań*

Do badań pobrano 36 próbek z dostępnych ławic dolomitów w odstępach co 10 metrów z północnej części profilu wyrobiska na obu poziomach eksploatacyjnych. Wykonano na nich badania fizyczno-mechaniczne właściwości dolomitów:

- gęstości objętościowej (zgodnie z normą PN-EN 1936: 2007),
- nasiąkliwości (zgodnie z normą PN-EN 13755: 2008),
- wytrzymałości na ściskanie (zgodnie z normą PN-EN 1926: 2007).

W wyniku rozdrobnienia w kruszarce laboratoryjnej fragmentów brył dolomitów poszczególnych odmian, uzyskano próbki kruszywa o wymiarach 10–14 mm. Oznaczono na nich zgodnie z normą PN-EN 1097-1: 2011 odporność kruszywa na ścieranie (wskaźnik mikro-Deval) oraz zgodnie z normą PN-EN 1097-2: 2010 odporność na rozdrabnianie (wskaźnik Los Angeles). Dla próbek kruszywa o uziarnieniu 2–4 mm reprezentującego różne odmiany dolomitów, oznaczono zgodnie z normą PN-B-06714-46:1992, potencjalną reaktywność alkaliczną metodą polegającą na przeprowadzeniu reakcji kruszywa z NaOH i oznaczeniu ubytku jego masy.

Charakterystykę petrograficzną dolomitów wykonano na podstawie 12 płytek cienkich w świetle przechodzącym, reprezentujących różne odmiany strukturalno-teksturalne skał.

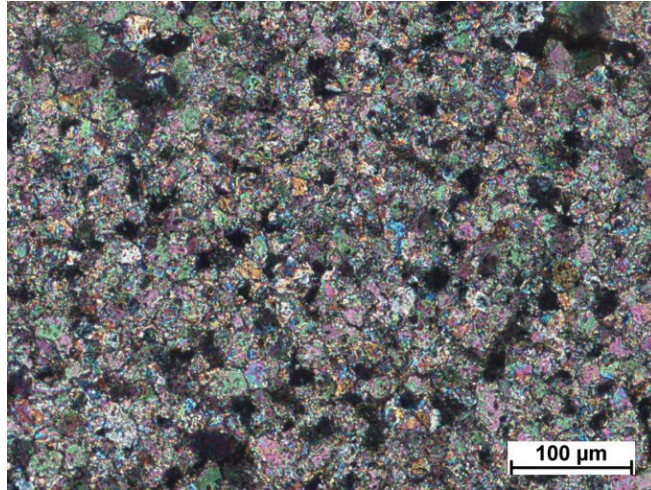
W badaniach tych wykorzystano: mikroskop polaryzacyjny do światła przechodzącego JE-NAPOL (Carl Zeiss Jena) wyposażony w cyfrową kamerę Nikon DS-Fi1 o rozdzielczości 5 mln pikseli, z analizatorem obrazu NIS-Elements BR 3.2 (Nikon Corporation, Tokyo).

2. Wyniki badań

2.1. Charakterystyka petrograficzna kopaliny

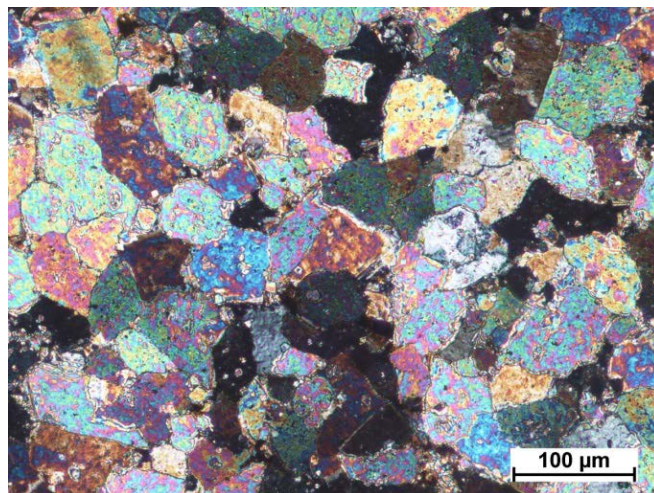
2.1.1. Dolomit o strukturze mikrosparytowej

Dolomit o strukturze mikrosparytowej został zlokalizowany na pierwszym poziomie eksploatacyjnym. Charakteryzuje się żółtą barwą, mikrosparytową strukturą oraz bezładną, zbitą, a miejscami kawernistą teksturą. Według podziału Sibley'a i Gregga (1987) tekstura ta odpowiada teksturze nieplanarnej (ksenotopowej), a miejscami idiotopowej (planarnej), natomiast według klasyfikacji Randazzo i Zachosa (1983) jest równoziarnista i mozaikowa. Na powierzchni skały obecne są liczne rdzawo-żółte naloty związków żelaza. Makroskopowo dostrzega się także minerały ilaste wypełniające spękania lub tworzące skupienia o rozmiarach nieprzekraczających kilku milimetrów. Obecność minerałów ilastych w znacznym stopniu obniża spoiwość dolomitów, przez co są one kruche i rozsypliwę. Miejscami obecna jest laminacja oraz żyłki kalcytowe, a na powierzchniach spękań widoczne są dendryty manganowe. Badania mikroskopowe wykazały, że tło skalne buduje ksenomorficzny dolomikrosparyt o wielkości kryształów od 0,008 do 0,04 mm (fot. 2). Miejscami współwystępują z nim kryształy hipautomorficzne. Kontury kryształów są zwykle niewyraźne, co spowodowane jest procesami ich rozpuszczania i częściowej rekryształizacji. Dominującym składnikiem jest dolomit, poza tym występują pojedyncze kryształy ksenomorficznego kalcytu o rozmiarach od 0,05 do 0,08 mm. Ponadto obecne są nieliczne, bezładnie rozmieszczone fragmenty małży, o wielkości od 0,50 do 1,50 mm oraz peloidy, onkoidy i intraklasty, a także ziarna detrytycznego kwarcu. W większości ziaren obleczonych struktury pierwotne uległy zatarciu w wyniku rekryształizacji budującego je kalcytu. Spękania wypełnione są wtórnym kalcytem i skupieniami wodorotlenków żelaza. Te ostatnie pokrywają także powierzchnie nielicznych kryształów dolomitu narastających dośrodkowo w przestrzeniach międzykrystalicznych. Obecne w skale pory i kawerny są zróżnicowane pod względem wielkości oraz kształtu i w różnym stopniu wypełnione przez kryształy anhedralnego dolomitu, półwłasnokształtne kryształy kalcytu oraz skupienia wodorotlenków żelaza i minerałów ilastych. Omawiana skała odpowiada opisywanym przez Myszkowską (1992) utworom litofacji mułowej, reprezentowanym przez dolomikrosparyt powstały w środowisku strefy sublitoralnej.



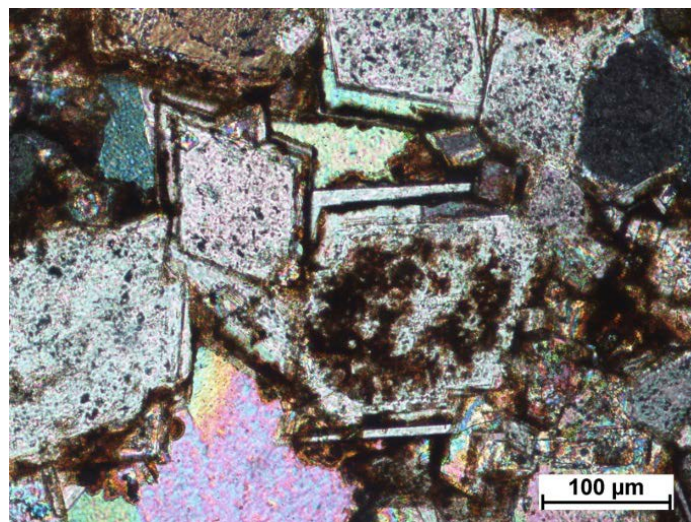
Fot. 2. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym dolomitu o strukturze mikrosparytowej. Tło skalne zdominowane przez kryształy dolomikrosparytu. Pomiędzy kryształami obecne są mikropory. Polaryzatory skrzyżowane

Phot. 2. Microphotograph of a dolostone with a microsparitic texture. The rock background is dominated by crystals of dolomitic microsparite. Micropores have been developed among the microcrystals. Transmitted light, crossed polars



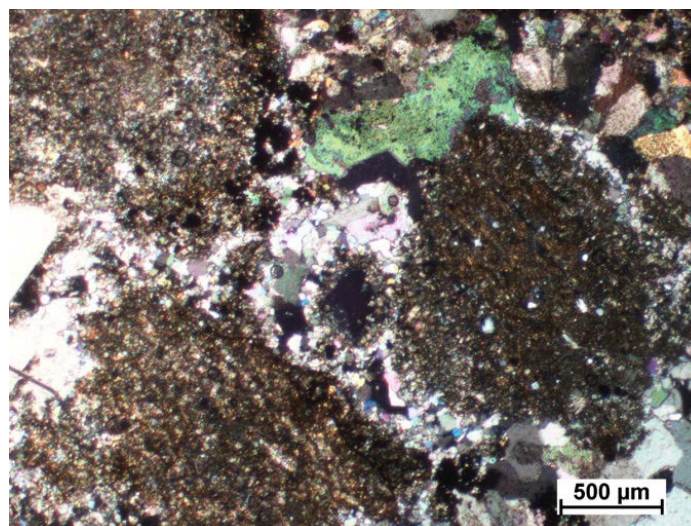
Fot. 3. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym dolomitu o strukturze sparytowej drobnokrystalicznej. Kryształy dolomitu o subhedralnym i anhedralnym pokroju, tworzące zwartą teksturę. Polaryzatory skrzyżowane

Phot. 3. Microphotograph of a dolostone with a sparitic, fine-crystalline texture. Subhedral and anhedral crystals of dolomite form the compact structure. Transmitted light, crossed polars



Fot. 4. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym dolomitu o strukturze sparytowej średniokrystalicznej. Kryształy dolomitu z otoczkami wodorotlenków żelaza i autigenicznymi obwódkami dolomitowymi. Polaryzatory skrzyżowane

Phot. 4. Microphotograph of a dolostone with the sparitic, medium-crystalline texture. The dolomite crystals have coats of iron hydroxides and rims of authigenic dolomite. Transmitted light, crossed polars



Fot. 5. Obraz mikroskopowy w świetle przechodzącym brekceji dolomitycznej. Okruchy dolomitu połączone spoiwem zbudowanym ze sparytu kalcytowego. Polaryzatory skrzyżowane

Phot. 5. Microphotograph of a dolostone breccia. Dolomite fragments are cemented with calcitic sparite. Transmitted light, crossed polars

2.1.2. Dolomit o strukturze sparytowej drobnokrystalicznej

Obecność dolomitu drobnokrystalicznego stwierdzono w profilu obu poziomów eksploatacyjnych. Skała ta charakteryzuje się szarą barwą, miejscami żółto-brązową. Wykazuje strukturę drobnokrystaliczną, sparytową oraz teksturę bezładną i zwięzłą z pojedynczymi, drobnymi kawernami. Odpowiada ona teksturze mozaikowej (Randazzo i Zachos 1983) oraz idiotopowej, planarnej typu „s” (Sibley i Gregg 1987). Wielkość kryształów wynosi 0,05–0,15 mm (fot. 3). Większe kryształy są zwykle subhedralne, natomiast mniejsze są anhedralne. Kryształy kontaktują ze sobą, miejscami przerastają się, a niektóre z nich wykazują zbliżenia polisyntetyczne. Pomiedzy nimi obecne są skupienia minerałów rudnych o wielkościach od 0,01 mm do 0,34 mm. Nieliczne kawerny rozmieszczone są nieregularnie. Mają kształty określone ułożeniem głównie hipautomorficznych lub ksenomorficznych kryształów dolomitu. Minerale ten, podobnie jak związki żelaza i minerały ilaste wypełniają część porów. Skała ma charakter dolosparytu powstałego przez rekrytalizację mułu węglanowego, zdeponowanego w środowisku sublitoralnym (Myszkowska 1992).

2.1.3. Dolomit o strukturze sparytowej średniokrystalicznej

Skała została stwierdzona na obu poziomach eksploatacyjnych wyrobiska. Wykazuje szare i brunatno-czerwone zabarwienie, które na zwietrzałych powierzchniach przechodzi w odcień czerwony. Posiada strukturę średniokrystaliczną, sparytową, z rozróżnialnymi makroskopowo kryształami dolomitu. Tekstura jest mikroporowata i bezładna, nie widać struktur w ułożeniu kryształów dolomitu. Według podziału Sibley’a i Gregga (1987) ma charakter planarnej typu „s” oraz mozaikowej w ujęciu klasyfikacji Randazzo i Zachosa (1983). Kryształy dolosparytu zwykle osiągają wielkość w przedziale 0,20 mm do 0,35 mm. Mają kształty anhedralne, rzadziej euhedralne. Ich ściany są zwykle proste i ostro zakończone. Cechą wyróżniającą tę odmianę jest obecność dolomitowych obwódek autigenicznych, narastających na otoczkach wodorotlenków żelaza pokrywających powierzchnie kryształów dolomitu (fot. 4). W interstycjach międzykrytalicznych obecne są skupienia minerałów rudnych o rozmiarach dochodzących do 1 mm. W węglanowym tle widoczne są drobne, owalne i zwięzłe skupienia chalcedonu o typowym, pierzastym ułożeniu kryształów. Omawiana skała powstała w wyniku rekrytalizacji utworów litofacji mułowej (Myszkowska 1992), związanych genetycznie ze środowiskiem strefy sublitoralnej.

2.1.4. Brekcja dolomityczna

Brekcję dolomityczną zaobserwowano na pierwszym poziomie eksploatacyjnym. Charakteryzuje ją barwa jasnoszara i kremowożółta, w zależności od budujących ją okruchów skalnych. Jej tekstura jest bezładna, zasadniczo zbita, tylko miejscami porowata i kawernista. Struktura jest brekcjowata, skała zbudowana jest z ostrokrawędzistych, źle wysortowanych okruchów dolomitu o rozmiarach nieprzekraczających do 8 cm. Są one luźno upakowane w tle skalnym i bezładnie rozmieszczone. Zwykle są połączone dolomitycznym spoiwem, a niektóre większe okruchy zespolone są ze sobą grubokrystalicznym kalcytem (fot. 5).

Funkcję spoiwa pełnią także skupienia minerałów ilastych i substancji marglistej. W szczelinach przecinających okruchy, jak i wokół odłamków obecne są liczne, nieregularne żyłki kalcytowe, miejscami zawierające skupienia związków żelaza. Obserwacje mikroskopowe wykazały, że tło skalne stanowią kryształy dolomitowego sparytu lub mikrytu, a w mniejszej ilości mikrosparytu, pomiędzy którymi obecne są liczne skupienia minerałów ilastych i substancji bitumicznej. W tak wykształconym tle rozmieszczone są pojedyncze kryształy dolomitu ksenomorficznego o wielkości od 0,1 do około 1,2 mm. Skała charakteryzuje się obecnością licznych kawern, porów, szczelin oraz żyłek. Kawerny są zdecydowanie większe w porównaniu do wcześniej omówionych odmian, osiągając wielkość do 3,5 mm. Ich wnętrza wypełniają bardzo drobne (około 0,02 mm) kryształy kalcytu. Niektóre z pustek są częściowo wypełnione substancją marglistą. Żyłki zbudowane są z kalcytu izopachytowego i blokowego z dobrze widocznymi płaszczyznami łupliwości. Ich wielkość waha się od 0,3 do 1,4 mm (sparyt blokowy), natomiast długości kryształów kalcytu izopachytowego dochodzą do 2 mm. Przy brzegach szczelin kryształy są znacznie mniejsze, osiągając maksymalnie 0,1 mm. W skałe występuje duża ilość wodorotlenków żelaza i minerałów nieprzeźroczystych. Omawiana skała ma charakter brekcji krasowo-zawałowej opisywanej przez Sass-Gustkiewicz (1974, 1975), Gałkiewicz i Śliwińskiego (1985) oraz Hubicką-Ptaśką i in. (1985).

2.2. Fizyczno-mechaniczne właściwości kopaliny

Przedstawiona zmienność wykształcenia petrograficznego dolomitów, będąca wynikiem działania procesów depozycji, diagenety oraz epigenezy, decyduje o fizyczno-mechanicznych parametrach kopaliny. Tezę tę wyrażaną niejednokrotnie wcześniej (np. Wyszomirski i Przytuła 2010; Weisser i in. 2014) zweryfikowano poprzez charakterystykę zmienności gęstości objętościowej, nasiąkliwości i wytrzymałości na ściskanie, wykonaną dla dolomitów wymienionych odmian, pochodzących ze złoża Ujków Stary.

Omawiane skały charakteryzują się w poszczególnych odmianach zmiennością gęstości objętościowej w zakresie od 1,94 Mg/m³ do 2,95 Mg/m³ (tab. 1). Najniższymi wartościami tego parametru od 1,94 Mg/m³ do 2,27 Mg/m³ (średnio 2,13 Mg/m³) charakteryzują się dolomity o teksturze mikrosparytowej. Jest to spowodowane znacznym udziałem w nich porów i kawern oraz obecnością dużej ilości minerałów ilastych, co łącznie decyduje o małej zwięzłości skały. Nieco wyższe wartości gęstości objętościowej posiada brekcja dolomitowa (2,38–2,55 Mg/m³, średnio 2,46 Mg/m³) oraz dolomit o teksturze sparytowej średniokrystalicznej (2,45–2,64 Mg/m³, średnio 2,50 Mg/m³). Wynika to z wypełnienia dużej części porów przez węglany, wodorotlenki żelaza oraz minerały rudne i ilaste. Największą gęstością objętościową w zakresie 2,61–2,95 Mg/m³, przy wartości średniej wynoszącej 2,82 Mg/m³, cechuje się dolomit o teksturze sparytowej drobnokrystalicznej. Jest to związane z dużą zwięzłością tej skały i obecnością licznych skupień minerałów rudnych i wodorotlenków żelaza.

Badane skały wykazują dużą zmienność nasiąkliwości w przedziale 0,90–15,40% (tab. 1). Wartości tego parametru wykazujące zwykle w skałach odwrotnie proporcjonalną

zależność względem wartości gęstości objętościowej, maleją wraz ze stopniem wypełnienia porów i kawern oraz wzrostem zwięzłości skały. Najwyższą nasiąkliwość wynoszącą od 7,35% do 15,40% (średnio 10,11%), wykazują skały o teksturze mikrosparytowej. Niższe wartości wynoszące 1,92–7,24% (średnio 4,36%) posiada brekcja dolomityczna oraz dolomit o teksturze sparytowej średniokrystalicznej, wykazujący nasiąkliwość 1,49–5,43% (średnio 3,21%). Niewielka nasiąkliwość w zakresie 0,90–2,26% (średnio 1,62%) charakteryzuje dolomit o teksturze drobnokrystalicznej.

TABELA 1. Zmienność fizyczno-mechanicznych właściwości dolomitów ze złoża Ujków Stary

TABLE 1. Variability of the physical and mechanical properties of the dolomites from the Ujków Stary deposit

Nazwa parametru i metoda badania	Rodzaj skały			
	dolomit o teksturze mikrosparytowej	dolomit o teksturze sparytowej drobnokrystalicznej	dolomit o teksturze sparytowej średniokrystalicznej	brekcja dolomityczna
Gęstość objętościowa [Mg/m ³] wg PN-EN 1936:2007 od-do; średnio	1,94–2,27 2,13	2,61–2,95 2,82	2,45–2,64 2,50	2,38–2,55 2,46
Nasiąkliwość [%] wg PN-EN 13755: 2008 od-do; średnio	7,35–15,40 10,11	0,90–2,26 1,62	1,49–5,43 3,21	1,92–7,24 4,36
Wytrzymałość na ściskanie [MPa] wg PN-EN 1926: 2007 od-do; średnio	37,9–45,7 39,5	84,3–182,1 162,8	65,3–119,4 94,2	69,9–98,3 77,8

Sposób wzajemnego wiązania strukturalnego poszczególnych składników mineralnych oraz wielkość ich kryształów wpłynęły na zróżnicowanie wytrzymałości mechanicznej omawianych skał. W dolomitach zdominowanych przez słabo powiązane kryształy mikrosparytu oraz zawierających liczne żyłki i puste pory, wartość wytrzymałości na ściskanie jest niewielka i wynosi zaledwie 37,9–45,7 MPa (średnio 39,5 MPa) (tab. 1). Dwukrotnie większe wartości tego parametru (69,9–98,3 MPa, średnio 77,8 MPa) posiada brekcja dolomityczna, a wartości 65,3–119,4 MPa (średnio 94,2 MPa) osiąga dolomit o teksturze sparytowej średniokrystalicznej. Najbardziej odporny mechanicznie jest dolomit o teksturze drobnokrystalicznej, posiadający wytrzymałość na ściskanie w zakresie 84,3–182,1 MPa, przy wartości średniej wynoszącej 162,8 MPa.

2.3. Charakterystyka wybranych parametrów kruszyw

Kruszywa dolomitowe o uziarnieniu 10–14 mm, reprezentujące wydzielone odmiany strukturalno-teksturalne dolomitów, charakteryzują się zróżnicowaniem wielkości odporności na rozdrabnianie i ścieranie. Największą odporność wykazuje kruszywo uzyskane z od-

miany sparytowej drobnokrystalicznej, dla którego wskaźnik Los Angeles wynosi 18,6%, a wskaźnik mikro-Devala jest równy 17,1% (tab. 2). Pozwala to na uzyskanie surowca o dobrej jakości do produkcji kruszyw do betonów, mieszanek bitumicznych stosowanych w powierzchniach przeznaczonych do ruchu oraz w niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałach używanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym. Według norm PN-EN 12620: 2010, PN-EN 13043: 2004 i PN-EN 13242: 2010 należy on do kategorii LA₂₀ i M_{DE}20. Wyraźnie wyższe wartości, wynoszące odpowiednio 24,5% i 23,6%, stwierdzono dla kruszywa otrzymanego z odmiany sparytowej średniokrystalicznej, co klasyfikuje je do kategorii LA₂₅ i M_{DE}25. Duży udział mikrytu i minerałów ilastych w spoiwie brekcji dolomitycznej sprawia, że wartości obu wskaźników są wyższe, a kruszywo reprezentujące tę odmianę skał należy do kategorii LA₃₀ oraz M_{DE}35. Dominacja mikrosparytu i duży udział minerałów ilastych oraz znaczna porowatość kruszywa uzyskanego z odmiany mikrosparytowej powoduje małą odporność na rozdrabnianie oraz ścieranie i przydział do kategorii LA₃₅ i M_{DE}35 (tab. 2).

TABELA 2. Wielkość odporności na rozdrabnianie i ścieranie kruszywa dolomitowego o uziarnieniu 10–14 mm, pochodzącego ze złoża Ujków Stary.

TABLE 2. The values of resistance to fragmentation and wear of the dolomite aggregate (10–14 mm) from the Ujków Stary deposit

Rodzaj skały	Odporność na rozdrabnianie (wskaźnik Los Angeles) [%] wg PN-EN 1097-2: 2010	Odporność na ścieranie (wskaźnik mikro-Deval) [%] wg PN-EN 1097-1: 2011
Dolomit o teksturze mikrosparytowej	33,4	30,9
Dolomit o teksturze sparytowej drobnokrystalicznej	18,6	17,1
Dolomit o teksturze sparytowej średniokrystalicznej	24,5	23,6
Brekcja dolomityczna	26,9	25,5
Mieszanina czterech odmian w udziałach po 25%	26,0	24,2
Mieszanina odmian: sparytowej drobnokrystalicznej i sparytowej średniokrystalicznej w udziałach po 50%	22,4	19,7

Równoczesne eksploatawanie różnych części złoża i zestawianie w kruszywie różnych odmian kopaliny stwarza możliwości w zakresie modyfikacji wielkości jego poszczególnych parametrów. Wskazują na to wyniki badań kruszywa zawierającego ziarna wydzielonych odmian dolomitów, występujących w różnych względem siebie udziałach. Stwierdzono, że dla mieszaniny odmian sparytowej drobnokrystalicznej i sparytowej średniokrystalicznej w udziałach po 50%, wskaźnik Los Angeles wynosi 22,4% decydując według norm PN-EN 12620: 2010, PN-EN 13043: 2004 i PN-EN 13242: 2010 o kategorii LA₂₅, natomiast wskaźnik mikro-Devala jest równy 19,7% zapewniając kategorię M_{DE}20 (tab. 2). Taki rodzaj kruszywa jest możliwy do uzyskania na dolnym poziomie eksploatacyjnym, gdzie wymienione odmiany dolomitów dominują w profilu wyrobiska. Na wyższym poziomie eksploatacyj-

nym, gdzie występują wszystkie wydzielone odmiany dolomitów, produktem możliwym do pozyskania będzie przypuszczalnie kruszywo będące ich mieszaniną. Przy założeniu, że wszystkie odmiany kopaliny obecne są w udziałach po 20%, kruszywo charakteryzuje się wskaźnikami: Los Angeles równym 26,0% oraz mikro-Devala wynoszącym 24,2% (tab. 2). Taki surowiec charakteryzuje się niższymi parametrami, należącymi według norm PN-EN 12620: 2010, PN-EN 13043: 2004 i PN-EN 13242: 2010 do kategorii LA₃₀ i M_{DE}25.

Dla oceny możliwości stosowania kruszyw w betonach wykonano badania ich reaktywności alkalicznej poprzez poddanie ich działaniu gorącego dziesięcioprocentowego roztworu NaOH. W kruszywie uzyskanym z odmiany mikrosparytowej i sparytowej drobnokrystalicznej, przesianym przez sito 1 mm, stwierdzono ubytek masy wynoszący odpowiednio 0,29% i 0,21% (tab. 3).

TABELA 3. Stopień potencjalnej reaktywności alkalicznej dolomitów

TABLE 3. Degree of the potential alkaline reactivity of the dolostones

Odmiana teksturalna dolomitu	Ubytek masy dla ziaren 2–4 mm kruszywa dolomitowego pod działaniem NaOH [%]	Stopień potencjalnej reaktywności alkalicznej wg normy PN-B-06714-46:1992
Microsparytowa	0,29	0 (kruszywo niereaktywne)
Sparytowa drobnokrystaliczna	0,21	0 (kruszywo niereaktywne)
Sparytowa średniokrystaliczna	0,73	1 (kruszywo potencjalnie reaktywne)
Mieszanina trzech odmian w udziałach po 33,3%	0,32	0 (kruszywo niereaktywne)

Według normy PN-B-06714-46:1992 wynik ten odpowiada zerowemu stopniowi reaktywności, co świadczy, że kruszywo jest niereaktywne i można je stosować do betonu. W kruszywie uzyskanym z dolomitu o teksturze sparytowej średniokrystalicznej, ubytek masy po badaniu wynosi 0,73%, co może wynikać z reakcji roztworu NaOH z chalcedonem obecnym w dolomicie. Wielkość powstałego ubytku nieznacznie przekracza graniczną wartość 0,5% ustaloną w normie PN-B-06714-46:1992 i klasyfikuje kruszywo jako potencjalnie reaktywne. W takim przypadku, w celu ostatecznej oceny zaleca się aby poddać je badaniu metodą beleczkową wg normy PN-B-06714-34:1991. W kruszywie będącym mieszaniną trzech odmian zestawionych w równych udziałach, ubytek masy wywołany działaniem NaOH wynosi 0,32%, a zatem kruszywo jest niereaktywne.

Podsumowanie

Analiza wyników wykonanych badań wykazała, że w profilu złoża występują cztery odmiany dolomitów różniących się cechami strukturalno-teksturalnymi i częściowo składem mineralnym. Zmienność ta znalazła swój wyraz w zróżnicowaniu fizyczno-mechanicznych

właściwości tych skał. Stwierdzono, że najbardziej korzystnymi parametrami technicznymi charakteryzują się dolomity o teksturze sparytowej drobnokrystalicznej i zwartej strukturze. Skały te występują powszechnie w obrębie złoża i stanowią jego najbardziej wartościową część. Badania wykazały, że skały pozostałych odmian obecne w różnych częściach złoża, charakteryzują się niższymi parametrami wynikającymi z mniejszej zwięzłości oraz obecności w nich domieszek minerałów ilastych, wodorotlenków żelaza i krzemionki. Stwierdzona zmienna jakość kopaliny przekłada się na niejednorodność jakościową produkowanych z niej kruszyw, przeznaczonych do konstrukcji betonów, a także mieszanek bitumicznych stosowanych w powierzchniach przeznaczonych do ruchu oraz w niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałach używanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym. Zmienność jakości wynika ze zróżnicowanego udziału w kruszywie poszczególnych odmian skał, uzależnionego w danym okresie produkcji od miejsca eksploatacji kopaliny.

Wyniki wykonanych badań wykazały, że z uwagi na nierównomierne rozmieszczenie w profilu złoża poszczególnych odmian petrograficznych kopaliny, różniących się parametrami technicznymi, możliwe jest kształtowanie jakości kruszyw produkowanych w zakładzie przerobczym, poprzez zestawianie surowca pochodzącego z różnych fragmentów złoża.

Autor składa podziękowania Recenzentom za poświęcony czas oraz cenne uwagi dotyczące treści artykułu i jego formy.

Praca finansowana z funduszu badań statutowych WGGiOŚ AGH Akademii Górniczo-Hutniczej, nr 11.11.140.320.

Literatura

- Bilans zasobów 2016 – *Bilans zasobów złóż kopalni w Polsce wg stanu na 31 XII 2016 r.* Państwowy Instytut Geologiczny–Państwowy Instytut Badawczy. Warszawa 2017.
- Bogacz i in. 1972 – Bogacz, K., Dżułyński, S., Harańczyk, C. i Sobczyński P. 1972. Contact relations of the ore-bearing dolomite in the Triassic of the Cracow-Silesian Pb-Zn ore district. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 42 (4), s. 347–372.
- Bogacz i in. 1975 – Bogacz, K., Dżułyński, S., Harańczyk, C. i Sobczyński P. 1975. Origin of the ore-bearing dolomite in the Triassic of the Cracow-Silesian Pb-Zn ore district. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 45 (2), s. 139–155.
- Gałkiewicz, T. i Śliwiński, S. 1985. Charakterystyka geologiczna śląsko-krakowskich złóż cynkowo-olowiowych. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 53 (1–4), s. 63–90.
- Harańczyk, C. 1981. Ontogeneza dolomitów kruszczoonych. *Przegląd Geologiczny* 29 (10), s. 513–518.
- Hubicka-Ptasińska i in. 1985 – Hubicka-Ptasińska, M., Mochnacka, K. i Sass-Gustkiewicz M. 1985. Sukcesja mineralna w złożu rud cynku i ołowiu w kopalni Pomorzany oraz wstępna charakterystyka geochemiczna wybranych generacji siarczków. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 53 (1–4), s. 127–142.
- Jaworski, M. 2004. *Projekt prac geologicznych dla rozpoznania złoża dolomitów triasowych „Ujków Stary” w kat. Cj.* PU „Geocarbon” Sp. Z.o.o, Katowice.
- Mochnacka, K. i Sass-Gustkiewicz, M. 1981. The metasomatic zinc deposit from Pomorzany Mine (Cracov-Silesian Ore district, Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae* 51 (1/2), s. 133–151.
- Mochnacka, K. i Sass-Gustkiewicz, M. 1982. Złoże rud cynku i ołowiu Kopalni Pomorzany. *Geologia B* 1, s. 46–58.
- Myszkowska, J. 1992. Litofacje i sedimentacja dolomitów diploporowych (środkowy wapień muszlowy) wschodniej części obszaru śląsko-krakowskiego. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 62 (1), s. 19–47.

- Pawłowska, J. i Szuwarzyński, M. 1979. Sedimentary and diagenetic processes in the Zn-Pb host rocks of Trzebieńka. In: Research on the Genesis of zinc-lead deposits of Upper Silesia, Poland. *Prace Instytutu Geologicznego* 45, s. 13–58.
- PN-B-06714-34:1991. Kruszywa mineralne. Badania. Oznaczenie reaktywności alkalicznej. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-B-06714-46:1992. Kruszywa mineralne – Badania – Oznaczenie potencjalnej reaktywności alkalicznej metodą szybką. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 1097-1: 2011. Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw. Część 1: Oznaczenie odporności na ścieranie (mikro-Deval). Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 1097-2: 2010. Badania mechanicznych i fizycznych właściwości kruszyw – Metody oznaczania odporności na rozdrabnianie. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 12620: 2010. Kruszywa do betonu. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 13043: 2004. Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 13242: 2010. Kruszywa do niezwiązanych i związanych hydraulicznie materiałów używanych w obiektach budowlanych i budownictwie drogowym. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 13755: 2008. Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczenie nasiąkliwości przy ciśnieniu atmosferycznym. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 1926: 2007. Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczenie wytrzymałości na ściskanie. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- PN-EN 1936: 2007. Metody badań kamienia naturalnego – Oznaczenie gęstości i gęstości objętościowej oraz całkowitej i otwartej porowatości. Warszawa: Polski Komitet Normalizacyjny.
- Randazzo, A.F. i Zachos, N.G. 1983. Classification and description of dolomitic fabrics of rocks from Floran aquifer, U. S.A. *Sedimentary Geology* 37, s. 151–162.
- Sass-Gustkiewicz, M. 1974. Collapse breccias in the ore bearing dolomite of the Olkusz Mine (Cracov-Silesian Ore-District). *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 44 (2/3), s. 217–226.
- Sass-Gustkiewicz, M. 1975. Zinc and lead mineralization in collapse breccias of the Olkusz Mine (Cracov-Silesian region, Poland). *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego* 45 (3/4), s. 303–326.
- Sibley, D.F. i Gregg, J.M. 1987. Classification of dolomite rock textures. *Journal of Sedimentary Petrology* 57 (6), s. 967–975.
- Śliwiński, S. 1966. Dolomityzacja morskich utworów triasu śląsko-krakowskiego. *Rudy i Metale* 11, s. 1–3: 3–14, 68–73, 122–131.
- Śliwiński, S. 1969. Rozwój dolomitów kruszonośnych w obszarze krakowsko-śląskim. *Prace Geologiczne Komisji Nauk Geologicznych PAN* 57, s. 1–123.
- Weisser i in. 2014 – Weisser, P., Lech, R. i Grabski J. 2014. Badanie właściwości dolomitów z trzech złóż, przeznaczonych do przemysłowego stosowania. *Cement. Wapno. Beton* 18/80 (3), s. 194–202.
- Włodarz i in. 2012 – Włodarz, B., Lubaszka, J. i Krawczyk J. 2012. Specyfika odkrywkowej eksploatacji złoża dolomitów triasowych „Ujków Stary”. *Przegląd Górniczy* 68 (8), s. 140–147.
- Wyszomirski, P. i Przytuła, S. 2010. Charakterystyka surowcowa kruszywa dolomitowego na przykładzie kopaliny z Libiąża (region śląsko-krakowski). *Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN* 79, s. 213–222.

