

kruszywa gabrowe i bazaltowe, właściwości

Tomasz KUBUSZEWSKI*

PODOBIENSTWA I RÓŻNICE WE WŁAŚCIWOŚCIACH KRUSZYW GABROWYCH I BAZALTOWYCH

Gabro i bazalt są skałami magmowymi zasadowymi o zbliżonym składzie mineralnym. Powstają z jednego typu stopu magmowego zubożonego w krzemionkę. Bazalt jest wylewnym odpowiednikiem gabra. Różna geneza tych skał wpływa na ich różnice teksturalne, co ma wpływ na właściwości kruszyw z nich produkowanych.

Przedstawiono analizę właściwości kruszyw gabrowych i bazaltowych wyprodukowanych z wybranych krajowych złóż. Dokonano zestawienia i porównania tych właściwości. Szczególną uwagę zwrócono na pojawiające się różnice istotne dla wykorzystania tych kruszyw w budownictwie.

1. WSTĘP

W Polsce na dużą skalę są wydobywane kopaliny skalne wykorzystywane do produkcji kruszyw, mających zastosowanie w inwestycjach drogowych. Według prognoz, duże zapotrzebowanie na kruszywa będzie się utrzymywało przynajmniej do 2013 roku [1]. W budownictwie drogowym szczególnie często wykorzystywane są kruszywa gabrowe i bazaltowe. We właściwościach tych dwóch rodzajów kruszyw są dostrzegalne pewne różnice, mimo że są one wyprodukowane z podobnych pod względem mineralogicznym skał, różniących się jednak teksturą, rozumianą jako ogół właściwości krystalograficznych minerałów skałotwórczych.

Celem artykułu jest przedstawienie, na podstawie wyników badań wybranych próbek, właściwości kruszyw gabrowych i bazaltowych oraz wskazanie różnic w tych właściwościach. Skrótkowo omówiono mineralogię i petrologię surowców. Dokładne wyjaśnienia powodów różnic w parametrach analizowanych kruszyw wymagałoby bardzo dużej liczby wyników do analizy statystycznej oraz jeszcze dokładniejszego zagłębienia się w mineralogię, petrofizykę i genezę skał surowcowych.

* Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, Ośrodek Certyfikacji,
02-673 Warszawa, ul. Racjonalizacji 6/8.

2. MINERALOGIA I PETROLOGIA GABRA I BAZALTU

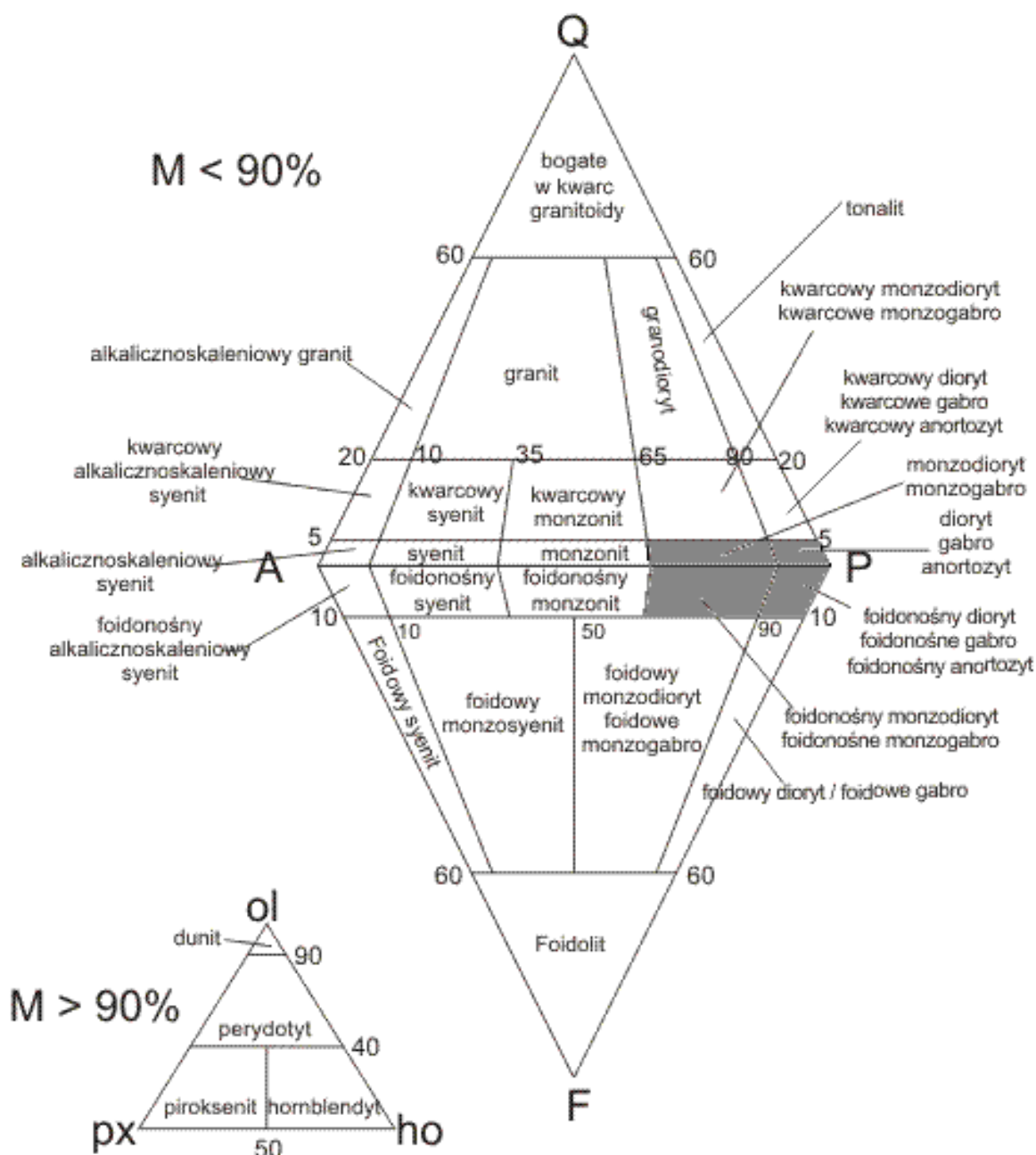
Gabro i bazalt są magmowymi skałami maficznymi o bardzo zbliżonym składzie mineralnym. W petrologii są uważane za swoje odpowiedniki krystalizujące z takiego samego stopu, przy czym gabro jest skałą głębinową, a bazalt jest skałą wylewną. W konsekwencji skały te posiadają różną teksturę, różnie wykształcone ziarna, co decyduje o jakości produkowanych z nich kruszyw. Drobnodziarnistość bazaltów oraz występowanie w nich szkliska sprawiają, że skały te są bardzo zwarte, spójne, wytrzymałe. Z kolei dobrze wykształcone (z ostrymi krawędziami), duże kryształy w gabrze i diabazach mają wpływ na szorstkość powierzchni skały i w konsekwencji na niektóre właściwości kruszywa.

Kolejną ważną i związaną z petrogenezą kwestią, która w przypadku kruszyw bazaltowych ma wpływ na ich jakość, jest zawartość w kopalinie minerałów, powstających w ostatniej hydrotermalnej fazie krystalizacji lawy. Szczególną uwagę należy zwrócić na zawartość analcymu, który wg niektórych badań odpowiada za zjawisko zgorzeli bazaltowej, czyli powstanie na powierzchni skały koncentrycznych form znacznie obniżających parametry wytrzymałościowe [2]. Pogląd ten jest jednak kwestionowany, dlatego też zjawisko to w dalszym ciągu jest uważane za bardzo złożone i nie w pełni zdiagnozowane [3, 4]. Jednak, pomijając powyższe rozważania, nie ulega wątpliwości, że zgorzel słoneczna występuje tylko w bazaltach i zapewne ma związek z warunkami krystalizacji lawy, powstaniem roztworów pomagmowych, z których krystalizują minerały towarzyszące wchodzące w skład bazaltu. W przypadku powolnej krystalizacji gabra i diabazu takie procesy nie występują. Przy powstawaniu skał gabrowych brak także wyrzutów materiału piroklastycznego, co jest bardzo częste przy tworzeniu się bazaltów w kominach wulkanicznych. Tworzące się wkładki tufów bardzo mocno wpływają na jakość kopaliny i w konsekwencji na jakość otrzymywanych kruszyw.

Pod względem składu mineralnego, zarówno gabro (diabaz) jak i bazalt są zbudowane przede wszystkim z plagioklazów i piroksenów rombów. Czasami pojawiają się dodatkowo w składzie mineralnym duże ilości oliwinów. Wszystkie wymienione minerały są mało zasobne w krzemionkę, tworzą się w pierwszych stadiach krystalizacji stopu. Dlatego też skały te są typowo maficzne, a zawartość w nich SiO_2 nie przekracza 52%, choć są znane odstępstwa od tej reguły.

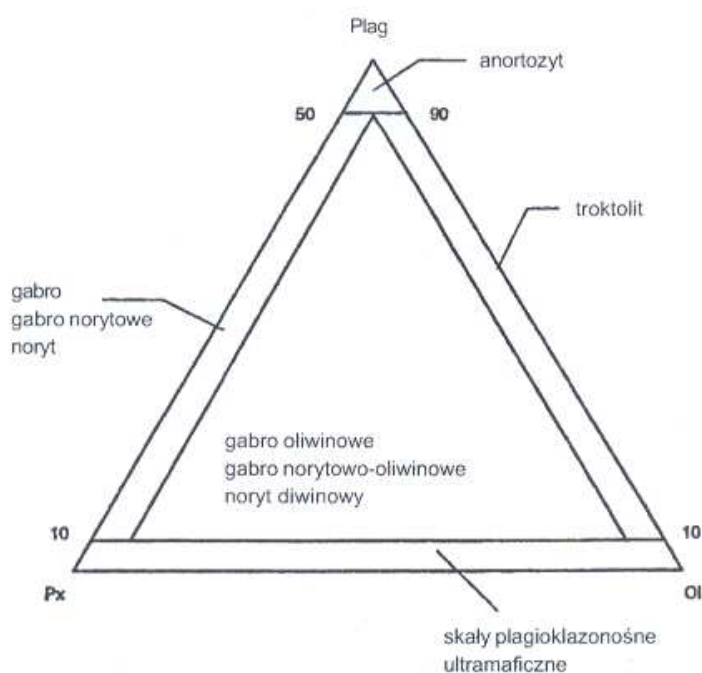
Poza składnikami głównymi w gabrze i bazalcie czasami spotykane są amfibole i biotyt, a do składników akcesorycznych tych skał zaliczamy najczęściej magnetyt, ilmenit, chromit i apatyt.

Dokładne odniesienie składu mineralnego gabra (i jednocześnie bazaltu) do innych skał magmowych przedstawiają klasyfikacje (rys. 1 – zacieniowany obszar i rys. 2); zawarte m.in. w normie PN-EN 12670:2002 *Kamień naturalny. Terminologia*.



Rys. 1. Klasyfikacja skał magmowych
 Fig. 1. Classification of plutonic rocks

Generalnie powstawanie gabra i bazaltu jest związane z tym samym środowiskiem geotektonicznym, to jest tworzeniem się skorupy oceanicznej w strefie MORB. Pozostałości dawnej skorupy oceanicznej są spotykane na lądach gdzie tworzą tak zwane kompleksy ofiolitowe, często podlegające eksploatacji górniczej.



Rys. 2. Szczegóły pola „diortyt, gabbro, anortozyt”
 Fig. 2. Details of „diorite, gabbro, anorthosite” field

W Polsce z kompleksami ofiolitowymi (ofiolit sudecki) związane są jednak tylko złoża gabra. Złoża bazaltów powstawały w trzeciorzędzie na skutek głębokich pęknięć skorupy kontynentalnej i towarzyszących im zjawiskom wulkanicznym podczas orogenezy alpejskiej. Skałami podobnymi pod względem składu mineralnego i genezy do gabra i bazaltu są diabazy. Jako maficzne skały żyłowe o budowie od gruboziarnistej do drobnoziarnistej są przeważnie utożsamiane w geologii złóż z gabrem.

3. WYSTĘPOWANIE I EKSPLOATACJA GABRA I BAZALTU W POLSCE

Złoża gabra są zlokalizowane na Dolnym Śląsku, natomiast złoża bazaltu na Dolnym Śląsku i Opolszczyźnie. Gabbro występuje na niewielkim obszarze w obrębie tzw. ofiolitu sudeckiego, natomiast bazalty związane są z kilkoma lokalizacjami trzeciorzędowej aktywności wulkanicznej, np. pokrywy lawowe okolic Lubania, Leśnej, Męcinki, Targowicy, Ligoty lub kominy i czopy wulkaniczne okolic Wilczej Góry, Trupienia, Pilchowic i Graczy [12].

Gabbro ze względu na ograniczony obszar występowania jest eksploatowane w Polsce jedynie w dwóch złożach Braszowice i Nowa Ruda Słupiec.

Diabazy są eksploatowane w jednej małopolskiej kopalni w Niedźwiedziej Górze. Zgodnie z danymi PIG-PIB (2010) łączne wydobycie gabra i diabazu wyniosło 3033 tys. ton.

Bazalty są eksploatowane na znacznie większą skalę. Istnieje ponad dwadzieścia czynnych kopalni bazaltu. W 2010 roku wydobyto 8554 tys. ton bazaltów.

4. WŁAŚCIWOŚCI KRUSZYW GABROWYCH I BAZALTOWYCH

4.1. EKSPLOATOWANE ZŁOŻA GABRA I BAZALTU WYBRANE DO ANALIZY

Właściwości kruszyw gabrowych i bazaltowych opisano i porównano w oparciu o wyniki badań [5–7]. Analizowano wyniki badań kruszyw otrzymanych ze złóż wyszczególnionych w tab. 1.

Tabela 1

Analizowane złoża surowców skalnych

Kopalina	Złoże	Charakterystyka geologiczna
gabro	Braszowice	część serii ofiolitowej
gabro	Słupiec-Dębówka	część serii ofiolitowej
diabaz	Niedźwiedzia Góra	sill permski
bazalt	Gracze	komin wulkaniczny
bazalt	Księginki	pokrywa lawowa
bazalt	Jawor-Męcinka	pokrywa lawowa
bazalt	Lubień	pokrywa lawowa

Dwa wybrane złoża gabra są jedynymi eksploatowanymi złożami tej kopaliny w Polsce. Do analizy wykorzystano także złożo diabazu, gdyż skała ta ze względu na swoje właściwości mineralogiczne i strukturalne może być porównywana z gabrem.

Złoża bazaltu są o wiele liczniejsze, a wyboru dokonano w taki sposób, aby reprezentowały one odrębne, oddalone od siebie i zróżnicowane geologicznie wylewy lawowe.

4.2. ZAKRES BADAŃ KRUSZYW

Wszystkie analizowane kruszywa zostały przebadane m.in. w pełnym zakresie badań typu, określonym w normie PN-EN 13043:2004 *Kruszywa do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu*. Badania były powtarzane zgodnie z częstotliwością wymaganą normą lub większą. Czasami badania były rozszerzone o parametry podane w zakresach badań typu w innych normach dot. kruszyw. W sprawozdaniach kategoryzacji wyników badań wszystkich próbek dokonano w oparciu o normę PN-EN 13043:2004, a niektórych próbek także w oparciu o inne normy.

Dla określenia tytułowych podobieństw i różnic kategorie normowe parametrów kruszyw mają znaczenie drugorzędne. Ważniejsze są wyniki badań, zwłaszcza dotyczące takich właściwości jak odporność na: rozdrabnianie LA , ścieranie M_{DE} , polerowanie PSV oraz mrozoodporność F [%].

Dodatkowo, ważnym parametrem, na podstawie którego można wysnuć pewne wnioski dotyczące zmiennych właściwości kruszyw gabrowych i bazaltowych, jest wytrzymałość skał na jednoosiowe ściskanie R_C . Zakres zmienności tego parametru dla gabra i diabazów wynosi 80–200 MPa, dla bazaltów 160–320 MPa, a wartości zbliżone do 300 MPa są otrzymywane dla licznych próbek [8].

Dla kruszyw produkowanych ze złóż wymienionych wg tab. 1 zebrano dostępne wyniki badań ww. parametrów fizykomechanicznych. Następnie zaprezentowano przedział zmienności i określono wartości średnie. Dla każdego analizowanego kruszywa podano liczebność przeanalizowanych wyników.

Badania były wykonywane dla różnych frakcji. Mimo, że oznaczenia ww. wskaźników wykonuje się na frakcjach ustalonych w metodzie, to zdecydowano się dokonywać porównań i analiz wyników dla frakcji 8/11 lub 8/12,5 oraz 6,3/12,5 w przypadku diabazu.

Tabela 2

Średnia arytmetyczna właściwości kruszyw z analizowanych złóż

Kruszywo	Liczebność wyników	Średnia arytmetyczna			
		LA	M_{DE}	PSV	F
gabro 1	4 ($F - 3$)	13,9	12,8	53,0	0,6
gabro 2	4 ($F - 3$)	11,8	9,6	56,2	0,3
diabaz	5 ($M_{DE}, F - 3$)	15,5	8,9	55,8	0,6
bazalt 1	5	7,9	11,7	50,3	0,7
bazalt 2	3	9,4	18,0	50,4	0,5
bazalt 3	3 ($PSV - 4$)	11,7	9,9	47,0	0,2
bazalt 4	3	10,0	9,0	44,4	1,4

Tabela 3

Zakres zmienności pojedynczych wyników wybranych właściwości kruszyw z analizowanych złóż

Kruszywo	Liczebność wyników	Zakres zmienności (min./max)			
		LA	M_{DE}	PSV	F
gabro 1	4 ($F - 3$)	10,3	11,4	49,2	0,3
		17,7	14,7	54,4	1,1
gabro 2	4 ($F - 3$)	9,3	8,6	53,3	0,2
		12,9	10,1	57,4	0,4
diabaz	5 ($M_{DE}, F - 3$)	10,0	5,6	54,0	0,3
		19,0	14,2	58,7	0,8
bazalt 1	5	6,3	9,3	49,4	0,3
		8,6	15,8	51,3	1,5
bazalt 2	3	7,5	16,4	50,2	0,4
		10,7	19,1	50,7	0,8
bazalt 3	3 (dla PSV 4)	10,9	6,0	45,8	0,2
		13,0	13,0	48,0	0,2
bazalt 4	3	9,6	8,1	42,8	1,0
		12,0	10,0	46,7	1,7

4.3. WYNIKI BADAŃ

Wyniki badań kruszyw bazaltowych i gabrowych [5–7] w opisanym zakresie przedstawiono w tabeli 2 i 3. Cyfry przy nazwie petrograficznej kruszywa odpowiadają numeracji złóż z tabeli 1. Liczebność wyników badań kruszywa z każdego złoża i dla każdego parametru wynosi co najmniej 3.

5. ANALIZA ZRÓŻNICOWANIA WŁAŚCIWOŚCI BADANYCH KRUSZYW

Analizując średnie wartości LA , M_{DE} , PSV i F z kilku badań dla kruszyw gabrowych, bazaltowych i diabazowych z wybranych złóż najmniejsze różnice zaobserwowano w odniesieniu do mrozoodporności. Średnie wartości ubytku masy dla wszystkich analizowanych kruszyw zmieniają się od 0,2% do 1,4%, przy czym dla gabra i diabazu wynoszą od 0,2% do 0,6%, a dla bazaltów od 0,2% do 1,4%. Biorąc pod uwagę wyniki jednostkowych badań, ubytek masy przekracza 1% tylko w jednym badaniu *bazaltu 1* oraz we wszystkich oznaczenia F dla *bazaltu 4*.

Z uzyskanych w badaniach parametrów M_{DE} wynika, że zarówno kruszywa gabrowe i diabazowe jak i bazaltowe wykazują w miarę podobną odporność na ścieranie. Średnie wartości M_{DE} dla wszystkich badanych kruszyw wynoszą od 8,9 dla *diabazu* do 18,0 dla *bazaltu 2*, ale biorąc pod uwagę jednostkowe wyniki badań kruszyw z poszczególnych złóż parametr M_{DE} powyżej 14 uzyskiwano zarówno dla niektórych bazaltów, gabra i diabazów. Brak wyraźnych różnic w odporności na ścieranie pomiędzy kruszywami z dwóch analizowanych grup może wynikać z tego, że i gabra i bazalty są złożone z tych samych minerałów, czyli plagioklazów i piroksenów (czasami oliwinów). Różnią się one wielkością kryształów w strukturze. Ścieralność skał i kruszyw zależy natomiast przede wszystkim od twardości minerałów, a ta jest taka sama zarówno dla małych i dużych kryształów. Różnice w ścieralności pojawiające się w obrębie dwóch grup kruszyw wynikają głównie z różnic w składzie mineralnym, np. pomiędzy *gabro 2* a *gabro 1* lub pomiędzy *bazalt 4* a *bazalt 2*.

Analizując wyniki badania odporności na rozdrabnianie kruszyw gabrowo-diabazowych i bazaltowych można zauważyć pewną prawidłowość, zgodnie z którą nieco niższe wartości LA uzyskują kruszywa bazaltowe. Średnie wartości tego parametru dla kruszyw ze skał wylewnych (czyli dla *bazaltu 1, 2, 3, 4*) wynoszą odpowiednio 7,9, 9,4, 11,7 i 10,0, a dla *gabra 1* i *2* 13,9 oraz 11,8. Dla kruszyw z diabazów LA wynosi 15,5.

Wyniki pojedynczych badań LA wykazują przeważnie wyższe wartości dla gabra i diabazu, wskazując na większe zróżnicowanie parametru w obrębie złóż. Różnica pomiędzy skrajnymi wynikami dla *diabazu* aż 9 jednostek, a dla *gabra 1* – 7,4 jednostki. Różnice odporności na rozdrabnianie bazaltów z jednego złoża wynoszą maksymalnie około 3 jednostek.

Należy jednak stwierdzić, że przy tak małej liczbie próbek i przy tak małych różnicach w wartościach pomiędzy grupami pod uwagę wziętymi wyciąganie daleko idących wniosków dotyczących większej odporności na rozdrabnianie asortymentu bazaltowego jest mało wiarygodne. Jednakże, zarysowana prawidłowość znajduje także potwierdzenie w innych badaniach [9, 10]. Przyczyną tego wydaje się być odmienna tekstura, wykształcenie i wielkość kryształów podobnych mineralogicznie skał. Większe kryształy łatwiej ulegają rozkruszeniu (rozdrobnieniu) przy działaniu takiej samej siły rozdrabniającej. Znajduje to również odzwierciedlenie w takim parametrze surowca jak wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie R_C .

Próbki bazaltu są w stanie wytrzymać nacisk dochodzący do 320 MPa, a próbki gabra i diabazu ulegają zniszczeniu przy naciskach mniejszych o 100 MPa. Na zależność stopnia rozdrabniania od struktury skał zwrócono także uwagę w obszernej pracy, dotyczącej rozdrabniania bloków skalnych [11], jednakże ten temat nie jest dotychczas dokładnie rozpoznany.

Największa, dość wyraźna i powtarzalna różnica pomiędzy właściwościami kruszyw gabrowo-diabazowych i bazaltowych dotyczy odporności na polerowanie.

Kruszywa wyprodukowane z *gabro 1*, *gabro 2* i *diabazu* mają średnie wartości PSV wyraźnie powyżej 50. Dla *gabro 1* parametr ten wynosi 53,0, dla *gabro 2* – 56,2, a dla *diabazu* 55,8. W jednostkowych badaniach ww. kruszyw wartości PSV dochodzą do 57–59. W przypadku analizowanych kruszyw bazaltowych średnie wartości odporności na polerowanie są poniżej wartości 50 lub nieznacznie powyżej (*bazalt 1* i *bazalt 2*). Biorąc pod uwagę wyniki jednostkowych badań PSV dla wyrobów bazaltowych z wybranych do pracy złóż, wartość PSV nieznacznie przekraczająca 50 powtarza się regularnie tylko dla kruszywa z *bazaltu 2*.

Przy podobnym składzie mineralnym przyczyną większej odporności na polerowanie skał głębinowych (i żyłowych) niż wylewnych jest przede wszystkim odmienną strukturą, która w przypadku bazaltów jest skrytokrystaliczna, czasami częściowo krystaliczna z zawartością szkliwa, co nie występuje w przypadku gabra, mającego strukturę fanerokrystaliczną, z dobrze i w pełni wykształconymi kryształami tworzącymi na przełamach szorstką powierzchnię [9]. Różnice PSV w obrębie grup kruszyw gabrowo-diabazowych i bazaltowych wynikają najprawdopodobniej z drobnych różnic w ich składzie mineralnym oraz z erozji fizycznej surowca z powierzchniowych partii złoża.

6. WNIOSKI

- Kruszywa ze skał gabrowo-diabazowych i bazaltowych wykazują dobre właściwości w zakresie takich parametrów, jak LA , M_{DE} , PSV i F .
- Kruszywa z obydwu analizowanych grup mają podobną mrozoodporność i ścieralność. Nie zaobserwowano zależności tych parametrów od odmiennej struktury skał.

- Nieco mniejszymi wartościami LA charakteryzują się kruszywa bazaltowe. Potwierdzenie tego znajdujemy także w wynikach badań przedstawionych w innych pracach. Może to wynikać ze struktury analizowanych skał.
- Kruszywa gabrowe i diabazowe są bardziej odporne na polerowanie niż skały bazaltowe, co poza przedmiotową pracą wykazują liczne inne publikacje.
- Zmienne właściwości kruszyw w obrębie dwóch analizowanych grup (gabrowo-diabazowej i bazaltowej) prawdopodobnie wynikają z różnic w składzie mineralnym i ze stopnia osłabienia erozyjnego surowca.
- Zarówno kruszywa gabrowo-diabazowe jak i bazaltowe są dobrymi materiałami do produkcji MMA, przy czym nie wszystkie kruszywa bazaltowe wg WT-1 spełniają warunki do wykorzystania ich do produkcji warstw ścieralnych na drogach KR-5 i KR-6.

Z przedstawionych wniosków wynika, że z gabra, diabazu oraz bazaltów jest możliwa produkcja wysokiej jakości kruszyw. Mimo, że gabra i diabazy są eksploatowane na znacznie mniejszą skalę niż bazalty, to nie ustępują im pod względem właściwości, a czasami wręcz je przewyższają (np. PSV). Zaletą kruszyw bazaltowych jest ich wytrzymałość wyrażona wskaźnikiem LA oraz wytrzymałością na ściskanie R_C .

LITERATURA

- [1] ZAPAŚNIK W., *Zapotrzebowanie kruszyw na drogi krajowe w latach 2010–2013. Bilans zasobów polskiego budownictwa drogowego. Materiały podstawowe: kruszywa, cement, asfalt*, Polski Kongres Drogowy, Warszawa 2009.
- [2] ZAGOŹDŻON P., *Zgorzel słoneczna w trzeciorzędowych bazaltoidach Śląska i sposoby wykorzystania jej produktów*, Wyd. Górniczy PWr., praca doktorska, Wrocław 2001.
- [3] ŚLIWA Z., *Typy genetyczne drobnej szczelinowości w bazaltach i jej wpływ na jakość produkowanych kruszyw*, Acta Univ. Wratisl., Prace Geol.-Min. IV, No 247, 1975.
- [4] GÓRALCZYK S., FILIPCZYK M., *Badania procesów identyfikacji zgorzeli słonecznej w skałach bazaltowych*, Prace Naukowe Instytutu Górniczego PWr, nr 121, Wrocław 2008.
- [5] *Ekspertyzy – sprawozdania z badań nr: 11717, 12692, 12480, 12643, 12345, 12628, 12096, 11716, 11886, 12670, 12413, 12629, 12091, 12909, 12475, 11742, 11993*. IMBiGS, 2006–2011.
- [6] *Sprawozdania z badań kruszyw diabazowych z Niedźwiedziej Góry*, Laboratorium Generalnej Dyrekcji Dróg Krajowych i Autostrad, Kraków, 2006–2010.
- [7] *Sprawozdania z badań kruszywa z gabra z Braszowic i Słupca*, Laboratorium Biproskal Wrocław, 2010–2011.
- [8] *Budownictwo ogólne – materiały i wyroby budowlane*, t. 1, Wyd. Arkady, 2005.
- [9] WASILEWSKA M., *Wpływ charakterystyki kruszywa na właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogowych*, Wyd. Budownictwa i Inżynierii Środowiska PBiA., praca doktorska, Białystok 2011.
- [10] GÓRALCZYK S., KUKIELSKA D., GAMBAL P., ŻUREK A., *Kruszywa pomiedziowe, a naturalne – które lepsze?*, Kruszywa, Produkcja – Transport – Zastosowanie, 2011.
- [11] ZIĘTKOWSKI L., *Badanie rozspajania bloków skalnych i betonowych metodą elektrohydrauliczną*, Wyd. Inżynierii Mechanicznej i Robotyki AGH, praca doktorska, Kraków 2007.
- [12] OSIKA R. (red), *Geologia i surowce mineralne Polski*, Wyd. Geol., Warszawa 1970.

RESEMBLANCES AND DIFFERENCES OF PROPERTIES OF GABBRO AND BASALT AGGREGATES

Gabbro and basalt are mafic igneous rocks which have generally the same mineral composition, because they crystallize from a similar type of solution. This solution is not saturated by silica. Basalt is an effusive equivalent of gabbro. The different genesis of these rocks causes their textural differences which influence properties of gabbro and basalt aggregates.

In this article the analysis of the properties of gabbro and basalt aggregates made from raw materials from chosen deposits in Poland is presented. Compositions and comparisons of these properties is also done. The special attention is paid to occurring differences which are essential for utilization of these aggregates in the building industry.