



Fot. 1. Granit  
średniokrystaliczny  
o małej zawartości  
tyszczyków.  
Obraz mikroskopowy

# Geologiczne uwarunkowania możliwości wykorzystania kopalin jako mineralnych kruszyw budowlanych

## Wprowadzenie

Kruszywo mineralne powstaje w wyniku naturalnego (kruszywo naturalne) lub sztucznego (kruszywo łamane) rozdrobnienia skały. Zapotrzebowanie na kruszywo jest bardzo duże, między innymi do produkcji betonu, gdzie stanowi ono około 75% całej masy. Stąd jakość kruszywa ma zasadniczy wpływ na jakość betonu. Wiele cech kruszywa zależy całkowicie od pierwotnych cech macierzystej skały. Dlatego też bardzo ważne jest poznanie wykształcenia i właściwości fizyczno-mechanicznych skał. Z tych względów poniżej przedstawiono je dla wybranych złóż, z których mogą być produkowane łamane kruszywa budowlane.

Kruszywa łamane na rynku krajowym pochodzą ze skał magmowych (17% ogólnego wydobycia), metamorficznych (1%) i osadowych (82%), występujących w różnych regionach Polski (C. Wolska-Kotańska, S. Góralczyk, 2001).

## Skały magmowe

Skały magmowe występują zazwyczaj w jednorodnych kompleksach litologicznych, charakteryzujących się rozwiniętym systemem spękań ciosowych, które ułatwiają ich eksploatację i kruszenie. Skład mineralny, struktura oraz tekstura decydują zazwyczaj o dobrych lub bardzo dobrych właściwościach fizyczno-mechanicznych tych skał. Jednocześnie umożliwiają uzyskanie w procesie kruszenia ziarn o kształcie i charakterze przetłum, zapewniających dobrą współpracę z zaczynem cementowym. Dzięki tym cechom skały magmowe uznawane są za najlepszy materiał do produkcji kruszyw budowlanych, do betonów wyższych klas, powyżej B 25.

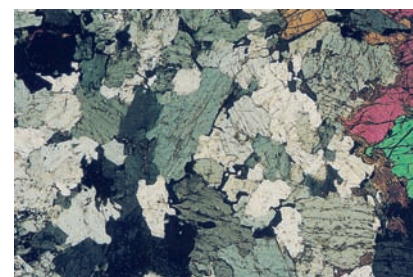
Niepożądanym zjawiskiem są procesy wietrzenia zachodzące lokalnie w tych skałach i rozwinięte z różnym nasileniem. Obniżają one właściwości skały, a tym samym uzyskiwanego z niej kruszywa.

Skały magmowe głębinowe i wylewne wykazują zróżnicowanie w barwach od różowoszarej (np. granit karkonoski), poprzez jasnoszarą (np. granit strzegomski i strzeliński), popielatą i zielonkawoszarą (np. sjenit z Koźmina, porfir z Zalas), ciemnoszarą (np. sjenit z Przedborowej), wiśniowobrunatną (np. melafir), aż do zielonoczarnej (np. gabra) i czarnych (np. bazalty, diabazy).

Dobrym materiałem do produkcji kruszyw budowlanych marki 30 według normy PN-84/B-04110 są granity pochodzące z masywów: Strzegomia-Sobótki i Strzelina-Żulowej. Cechuje je struktura równokrystaliczna (średnio- i drobnokrystaliczna), mała zawartość tyszczyków w składzie mineralnym, a także nieznaczny stopień zwietrzenia (fot. 1). Wpływa to na korzystne parametry fizyczno-mechaniczne tych skał (tab. 1), zwłaszcza ich wysoką wytrzymałość na ściskanie. Granit z masywu karkonoskiego, w stosunku do wymienionych granitów, charakteryzuje się nierównokrystaliczną strukturą oraz występowaniem stref silnie zwietrzałych. Decyduje to o jego nieco niższej wytrzymałości na ściskanie oraz zdecydowanie większej nasiąkliwości (tab. 1). Ponadto należy spodziewać się nieco gorszej przyczepności uzyskanego kruszywa do zaczynu cementowego, związanej z obecnością licznych, dużych kryształów skalenia o gładkiej powierzchni.

Podobne do granitów pod względem właściwości

Fot. 2.  
Sjenit średniokrystaliczny  
o teksturze bezładnej.  
Obraz mikroskopowy



Tab. 1. Właściwości fizyczno-mechaniczne wybranych skał magmowych, stosowanych jako kruszywo budowlane (wg: S. Kozłowskiego, 1986)

Nazwa skały	Nazwa parametru fizyczno-mechanicznego skały			
	Gęstość pozorna [g/cm <sup>3</sup> ]	Nasiąkliwość [% wag.]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Ścieralność w bębnie Devala [%]
Granit strzeliński (Strzelin)	2,65	0,32	210-217	2,0
Granit strzegomski (Strzegom)	2,62	0,37	160	5,2
Granit karkonoski (Michałowice)	2,63	0,50	100-140	3,4
Sjenit (Przedborowa)	2,80-2,81	0,03-0,16	130-250	1,0-9,9
Sjenit (Koźmin)	2,76-2,77	0,19-0,20	100-160	2,8-10,6
Gabro (Słupiec)	2,96	0,14	120	2,7
Porfir (Zalas)	2,52	0,82	112	2,6
Melafir (Grzędy)	2,69	0,32	144	2,9
Melafir (Rybnica Leśna)	2,72	0,27	155	3,6
Bazalt (Gracze)	3,06	0,49	142	2,7
Bazalt (Rębiszów)	3,11	0,13	228	2,4
Diabaz (Niedźwiedzia Góra)	2,68-2,70	0,41-4,60	135-290	1,7-4,9

fizyczno-mechanicznych są sjenity, występujące w strefie Niemczy na Dolnym Śląsku. W ich obrębie wyróżnia się dwa typy: Przedborowej – sjenit drobno- i średniokrystaliczny (fot. 2), czarny, bez tekstur kierunkowych oraz Koźmina – sjenit o strukturze fanokrystaliczno-porfirowej, z kierunkowymi teksturami, o barwie czarnej, z licznymi dużymi, białymi kryształami skaleni. Skały te odznaczają się wysoką wytrzymałością na ściskanie, co umożliwia uzyskanie kruszyw marki 30 i 50 (wg. PN-84/B-04110) oraz niską ścieralnością w bębnie Devala. Może ona dochodzić do 9,9% w sjenicie z Przedborowej oraz 10,6% w sjenicie z Koźmina (tab. 1), co związane jest z procesami ich wietrzenia. Wyższa gęstość pozorna (2,76-2,81 g/cm<sup>3</sup>) tych skał spowodowana jest występowaniem w nich dużej ilości minerałów ciemnych (piroksenów, amfiboli i biotyту). Duże osobniki skaleni, występujące w sjenicie z Koźmina wpływają, podobnie jak w granicie karkonoskim, na pogorszenie przyczepności tego kruszywa do zaczynu cementowego.

Skałami stosowanymi jako kruszywo do betonów są też gabro o strukturze grubokrystalicznej (fot. 3), występujące w rejonie Sobótki, Przedborowej, Braszowic i Nowej Rudy (złoże Słupiec) oraz porfir o strukturze porfirowej (fot. 4), znany z Dolnego Śląska (depresja śródsudecka i północnosudecka) oraz obszaru krakowskiego (złoże Zalas). Pomimo iż skały te są odmienne genetycznie i mają różny skład mineralny, to jednak wykazują podobną wytrzymałość na ściskanie oraz ścieralność przy zróżnicowanej gęstości pozornej i nasiąkliwości wagowej (tab. 1). Zgodnie z normą PN-84/B-04110 można z nich uzyskać kruszywo marki 30. Ponadto ziarna tego kruszywa odznaczają się kształtem zbliżonym do graniastostupa oraz korzystną, szorstką powierzchnią.

W odróżnieniu od opisanych skał, melafiry odznaczają się barwą wiśniowobrunatną i ciemnoszarą, co wynika z dużego udziału w nich minerałów maficznych (piroksenów i amfiboli).

Skały te odstaniają się w depresji śródsudeckiej i północnosudeckiej oraz w okolicy Krakowa. Charakteryzują się strukturą skrytokrystaliczną oraz teksturą zbitą i bardzo korzystnymi parametrami fizyczno-mechanicznymi (tab. 1). Wśród melafirów występują odmiany porowate, względnie migdałowcowe, które nie mają znaczenia surowcowego. Wykazują one, podobnie jak melafir pochodzący ze stref zwietrzałych, gorsze właściwości niż odmiany świeże. Kruszenie melafiru i uzyskanie najbardziej pożądanych kształtów ziarn kruszywa ułatwia występowanie ciosu nieregularnego, a szorstka powierzchnia skały pozwala na dobrą przyczepność do betonu. Według normy PN-84/B-04110 melafir zbity stanowi kruszywo marki 50.

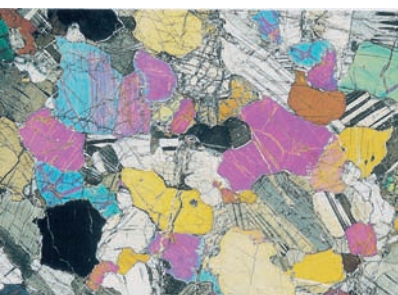
Bazalty to skały wylewne barwy czarnej, o strukturze afanitowej (fot. 5) i składzie mineralnym zbliżonym do melafirów. Występują one na obszarze Dolnego Śląska, w formie pokryw lawowych, żył i kominów wulkanicznych. W tych ostatnich najliczniej obecne są odmiany świeże o strukturze skrytokrystalicznej, wykazujące najkorzystniejsze właściwości fizyczno-mechaniczne. W złożach Gracze i Rębiszów odznaczają się one bardzo dużą wytrzymałością na ściskanie (142-228 MPa), dużą twardością, niską nasiąkliwością (0,13-0,49 % wag.) i ścieralnością w bębnie Devala (2,4-2,7%) oraz dobrą przyczepnością do betonu i odpornością na wietrzenie chemiczne (tab. 1). Zgodnie z normą PN-84/B-04110 z bazaltów można uzyskać kruszywo marki 50. Bardzo dobre parametry bazaltów mogą ulegać obniżeniu w wyniku ich wietrzenia fizycznego. Objawia się ono powstawaniem niebieskawych, rozsypliwych zwietrzelin lub tworzeniem zgorzeli słonecznej, doprowadzającej do rozsypywania się pozornej skały.

Diabazy są skałami magmowymi, będącymi żywymi odpowiednikami bazaltów. Wykazują nieregularny cios, czarną barwę i strukturę skrytokrystaliczną. Występują na Dolnym Śląsku (złoże Słupiec) oraz w okolicach Krakowa (złoże Niedźwiedzia Góra). Ich wykształcenie strukturalne, podobnie jak w bazaltach, wpływa na bardzo korzystne właściwości fizyczno-mechaniczne (tab. 1). Z tych względów są one cennie nie tylko jako kruszywo drogowe, ale również budowlane marki 50.

### Skały metamorficzne

Skały metamorficzne wykorzystywane są zaledwie w 1% jako kruszywa budowlane. Głównie są to marmury i amfibolity. Występują przeważnie w niejednorodnych kompleksach litologicznych, z licznymi wkładkami i przerostami innych skał. Istotny wpływ na właściwości fizyczno-mechaniczne marmurów i amfibolitów ma ich tekstura oraz skład mineralny. Najlepsze właściwości techniczne mają odmiany o słabo widocznej teksturze kierunkowej i niewielkiej zawartości tyszczyków. W wyniku kruszenia tych skał możliwe jest uzyskanie izometrycznych i szorstkich ziarn, dość dobrze współpracujących z zaczynem cementowym. Marmury występują w Sudetach Zachodnich, Sudetach Środkowych (rejon Stronia Śląskiego) i Sudetach Wschodnich (rejon Stawniowic). Większość marmurów jest materiałem dekoracyjnym, z te-

Fot. 3. Gabro o strukturze grubokrystalicznej i izometrycznych kryształach. Obraz mikroskopowy



Fot. 4. Porfir o dużych kryształach skaleni, tkwiących w cieście skalnym (struktura porfirowa). Obraz mikroskopowy





go względu jedynie odpady powstające przy produkcji bloków są przerabiane na grysy tylko marki 20 (wg PN-84/B-04110). Decyduje o tym niska wytrzymałość na ściskanie tych skał (tab. 2). Jako kruszywo budowlane wykorzystywane powinny być wyłącznie te odmiany, które odznaczają się jednorodną barwą (białą, jasnopopielatą), strukturą granoblastyczną (fot. 6), brakiem laminacji związanej z obecnością tyczek oraz różowych zabarwień od związków żelaza. Jakość kruszyw marmurowych obniżają występujące w złożu przerosty biotyto-muskowitowe, strefy sylifikacji oraz krasu.

Amfibolity tworzą wychodnie w obrębie Gór Sowich, Bystrzyckich, Orlickich i Karkonoszy oraz w okolicach Sobótki i w regionie Łądko-Śnieżnika. Są to skały ciemnoszarzielone, prawie czarne o strukturach średnio- i drobnoblastycznych oraz teksturze masywnej, bezkierunkowej lub łupkowej. Głównymi ich składnikami mineralnymi są amfibole oraz plagioklasy. Wykształcenie amfibolitów, mające wpływ na ich właściwości fizyczno-mechaniczne (tab. 2), zdecydowało o średniej jakości tej kopaliny. Można z niej uzyskać kruszywo budowlane marki 30.

## Skały osadowe

### 1. Skały węglanowe

Skały węglanowe związane są z różnymi formacjami geologicznymi w wielu regionach Polski. Do ważnych, z uwagi na kruszywa budowlane należą: Góry Świętokrzyskie, Wyżyna Krakowsko-Częstochowsko-Wieluńska i region śląsko-krakowski.

Skały węglanowe, z których pozyskiwane są kruszywa, powinny być: o wysokiej zwięzłości, jednorodne, o korzystnych właściwościach fizyczno-mechanicznych oraz nie zsylikowane. Na pogorszenie jakości tych kruszyw mają wpływ: niejednorodność związana ze zróżnicowaną zwięzłością skały oraz z przetawieniami marglistymi, ilastymi oraz z występowaniem w złożu krasu, stref zsylikowanych i krzemieni. Do produkcji kruszyw budowlanych najlepiej nadają się: wapień i dolomity o strukturze mikrytowej, teksturze zbitej, masywnej, a zatem wiekowo należące głównie do dewonu i jury.

Wapień dewoński w Górach Świętokrzyskich występują w ławicach o miąższości od kilkunastu cm do 2-3 m, charakteryzują się barwą na ogół jasnobezową, szarą, brunatną lub oliwkową. Są zbite, masywne, mikrytowe z fauną reprezentowaną przede wszystkim przez amfipory, stromatopory i brachiopody (fot. 7). Odznaczają się dużą zawartością CaO (do 54%) i posiadają jednocześnie bardzo korzystne właściwości fizyczno-mechaniczne (tab. 3), które sprzyjają przeznaczeniu ich do produkcji kruszywa łamanego dla budownictwa marki 20 i 30. Ich jakość może pogarszać kras silnie rozwinięty w niektórych złożach.

Wśród wapieni jurajskich Gór Świętokrzyskich dobrymi parametrami technicznymi (tab. 3) wyróżnia się wapień plamkowy z Morawicy. Jest on o strukturze mikrytowej i bardzo wysokim stopniu zwięzłości, który pozwala na jego szlifowanie i polerowanie. Zaliczany jest do tzw. dekoracyjnych

Tab. 2. Właściwości fizyczno-mechaniczne wybranych skał metamorficznych, stosowanych jako kruszywo budowlane (wg: S. Kozłowskiego, 1986)

Nazwa skały	Nazwa parametru fizyczno-mechanicznego skały			
	Gęstość pozorna [g/cm <sup>3</sup> ]	Nasiąkliwość [% wag.]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Ścieralność w bębnie Devala [%]
Marmur Marianna Biała (Stronie Śląskie)	2,69	0,19	61	5,0
Marmur (Sławnowice)	2,69	0,15	50	7,2
Amfibolit (Ogorzelec)	3,00	0,27	136	2,00

nych marmurów technicznych. Powstające przy eksploatacji bloków odpady mogą być przydatne do produkcji kruszywa budowlanego marki 30.

Na Wyżynie Krakowsko-Częstochowsko-Wieluńskiej przydatnym do wyrobu kruszyw budowlanych jest przekształcony wapień – trawertyn. Należy do facji wapieni skalistych, czyli nie wykazuje utwiczenia. Skała ta odznacza się podobnymi parametrami technicznymi, jak wymienione wyżej wapień Gór Świętokrzyskich (tab. 3). Trawertyn powszechnie stosowany jest jako dekoracyjny materiał okładzinowy, a odpady uzyskiwane przy produkcji bloków nadają się również do wyrobu kruszywa marki 30.

Spośród dolomitów jako kruszywo budowlane stosowane są głównie dolomity dewońskie występujące w regionie śląsko-krakowskim. Są one stalowoszare, twarde, zbite o kostkowej łupliwości, wyraźnie krystaliczne (fot. 8) i bitumiczne. Dolomity odznaczają się zróżnicowanymi właściwościami fizyczno-mechanicznymi, wynikającymi z ich zmienności strukturalnej i teksturalnej. Najniższe wytrzymałości na ściskanie (złóże Dubie) 39,2 MPa (tab. 3) wykazują ich odmiany laminowane, wzbogacone w substancję ilastą, piryty oraz tenki żelaza. Wartości najwyższe (164,8 MPa) związane są z mikrokrystalicznymi dolomitami o teksturze zbitej i bezładnej. Średnia wartość tego parametru (115 MPa) pozwala uzyskać z tych dolomitów kruszywo marki 30 (wg PN-84/B-04110). Trudność w uzyskaniu kruszyw tej jakości mogą sprawiać występujące w złożu przewarstwienia łupków ilastych i dolomitów marglistych oraz miejscami silnie rozwinięty kras.

Oprócz skał o strukturze zbitej, do produkcji kruszyw budowlanych stosowane są też skały o wyraźnie niższej gęstości pozornej. Są wśród nich między innymi wapień trzeciorzędowy oraz opoki.

Wapień trzeciorzędowy występują w regionie świętokrzyskim (złóże Pińczów) i na Roztoczu. Najbardziej rozpowszechnione są wapień pińczowski, które stosuje się głównie jako kamień budowlany. Są to białokremowe i kremowożółte wapień organodetrytyczne, składające się z pokruszonych szczątków głównie litotamni, spojonych węglanem wapnia. Składniki klastyczne są bezładnie ułożone i słabo upakowane. Wpływa to na dużą porowatość tej skały i związaną z nią nasiąkliwość (15,5-16,1%) oraz niską jej gęstość pozorną od 1,70 do 1,72 g/cm<sup>3</sup> (tab. 3). Najbardziej ceniony jest wapień drobnodetrytyczny o wytrzymałości 14 MPa (tab. 3). Powstające z niego odpady przy uzyskiwaniu bloków mogą stanowić kruszywo lekkie do betonów jednofrakcyjnych.

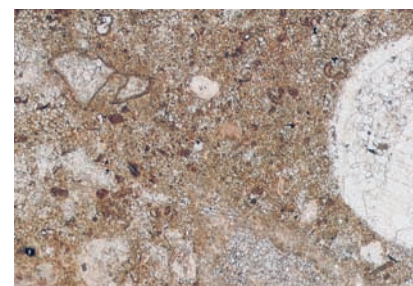


Fot. 5. Bazalt o strukturze afanitowej (bardzo drobne kryształy głównie piroksenów i amfiboli). Obraz mikroskopowy

Fot. 6. Marmur o strukturze granoblastycznej charakteryzującej się obecnością izometrycznych blastów kalcytu. Obraz mikroskopowy



Fot. 7. Wapień dewoński o strukturze mikrytowej z fragmentami fauny. Obraz mikroskopowy



Tab. 3. Właściwości fizyczno-mechaniczne wybranych skał węglanowych stosowanych jako kruszywo budowlane (wg: S. Kozłowski, 1986)

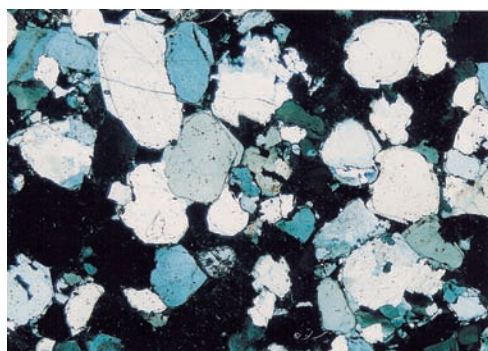
Nazwa skały	Nazwa parametru fizyczno-mechanicznego skały			
	Gęstość pozorna [g/cm <sup>3</sup> ]	Nasiąkliwość [% wag.]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Ścieralność w ębnie Devala [%]
Wapień dewoński (Truskawica)	2,71	0,08	87-108	5,2
Wapień dewoński (Bolechowice)	2,68-2,70	0,06-0,21	93-160	4,5-5,2
Wapień jurajski (Morawica)	2,60-2,70	0,59-1,94	85-182	4,0-4,7
Trawertyn (Zalesiaki)	2,33-2,65	0,39-3,53	52-110	5,0-10,4
Dolomit dewoński (Dubie)	2,52-2,78	0,13-2,60	39,2-164,8	2,6-7,0
Wapień trzeciorzędowy (Pińczów)	1,70-1,72	15,5-16,1	10-14	n. o.
Opoka (Karsy)	1,33-1,46	22,9-31,5	10-17	n. o.

n. o. - nie oznaczono

Opoki są to skały barwy białej, wieku kredowego, występujące na Wyżynie Lubelskiej, w okolicach Łodzi, Radomia, Ożarowa (złóże Karsy) oraz w Niecce Nidziańskiej. Składają się ze szkieletu krzemionkowego spójnego węglanem wapnia. Opoki zawierają 5-75% krzemionki autigenicznej w postaci opalu lub chalcedonu, która może wywoływać niepożądane reakcje z alkaliom, zawartymi w cemencie. Zaletą natomiast kruszywa powstałego z opoki są izometryczne kształty ziarn o powierzchniach chropowatych i matowych oraz ostrych krawędziach. Jest ono wolne od zanieczyszczeń w postaci gliny, cząstek pylistych i organicznych, a zawartość ziarn płaskich i blaszkowatych jest niewielka. Badania wykazały przydatność tego kruszywa do wyrobu betonów jednofrakcyjnych (K. Grabiec, 1966).

## 2. Piaskowce

Piaskowce występują w Polsce w obszarze Gór Świętokrzyskich, Sudetów i Karpat. Są one zróżnicowane pod względem wykształcenia i właściwości, co wpływa na ich wykorzystanie. Najmniej przydatną kopalinię do produkcji kruszyw budowlanych stanowią piaskowce, które w składzie mineralnym zawierają znaczną ilość tyszczków oraz są o spoiwie ilastym lub nieprzekrystalizowanym węglanowym. Tyszczki występujące w skale ograniczają przyczepność powstałego z niej kruszywa oraz zwiększają jego nasiąkliwość. Spoiwo ilaste (illit i kaolinit) oraz węglanowe (nieprzekrystalizowany mikryt) wpływają na obniżenie parametrów fizyczno-mechanicznych piaskowców, zwiększając ich porowatość, nasiąkliwość, a zmniejszając



Fot. 9. Piaskowiec kwarcytowy o ziarnach kwarcu połączonych krzemionkowymi obwódkami regeneracyjnymi. Obraz mikroskopowy

wytrzymałość i mrozoodporność. Najbardziej przydatne do produkcji kruszyw budowlanych są piaskowce o spoiwie węglanowym, przekrystalizowanym oraz krzemionkowym o charakterze podstawowym lub w postaci obwódek regeneracyjnych. Piaskowce kwarcytowe („kwarcyty”) należą, z uwagi na właściwości fizyczno-mechaniczne, do najlepszych skał osadowych Polski, możliwych do wykorzystania jako kruszywa drogowe, a także budowlane. Usytuowane są w zachodniej części pasma głównego Gór Świętokrzyskich (złóże Wiśniówka). Piaskowce te wykazują bardzo zróżnicowane utwarcenie, przy ilości łupków nie przekraczającej 10%. „Kwarcyty” są drobno- i bardzo drobnoziarniste o teksturze zbitej oraz posiadają barwy jasnoszare i niebieskoszare na świeżych przełamach, a na powierzchniach zwierzętych żółte, fioletowe i wiśniowe. W ich składzie mineralnym występują prawie wyłącznie ziarna kwarcu spójne krzemionką o charakterze obwódek regeneracyjnych (fot. 9). Stąd wykazują bardzo wysoką wytrzymałość na ściskanie (tab. 4), która pozwala uzyskać kruszywo budowlane marki 50 (wg PN-84/B-04110). Piaskowce jurajskie (sztydłowieckie) występujące w północno-zachodnim obrzeżeniu Gór Świętokrzyskich są białe, drobnoziarniste i średnioziarniste. Spośród omawianych skał klastycznych, wykazują najniższe wytrzymałości na ściskanie w przedziale od 34 MPa do 52 MPa oraz najwyższe wartości nasiąkliwości: 6,42-9,31% wag. (tab. 4). Spowodowane jest to zazwyczaj niewielką zawartością spoiwa ilastego oraz krzemionkowego, tworzącego obwódki regeneracyjne wokół ziarn szkieletu. Właściwości tych piaskowców mogą dodatkowo obniżać występujące przetawienia mułowców i iłowców. Badania wykazały, że pomimo niskiej jakości piaskowca sztydłowieckiego mogą być stosowane do produkcji kruszywa budowlanego (S. Kozłowski, 1986).

W Karpatach fliszowych piaskowce występują w obrębie różnych jednostek litostratigraficznych. Do produkcji kruszyw budowlanych skały te używane są na niewielką skalę, bowiem wykazują zróżnicowanie jakościowe w poszczególnych poziomach, a nawet ławicach. Powszechnie przetawiane są łupkami ilastymi, które oblepiają ziarna kruszywa. Ponadto zawierają niekorzystne składniki, obniżające ich jakość. Należą do nich głównie tyszczki, glaukonit, pirynt, zmienione skalenie, okrucy skał ilastych i słabo związanych wapieni oraz spoiwo ilaste i węglanowe nieprzekrystalizowane. Spośród różnorodnych piaskowców karpaccy jako kruszywa budowlane najlepiej nadają się niektóre typy piaskowców istebniańskich, grodziskich, cergowskich, krośnieńskich i magurskich.

W obrębie piaskowców istebniańskich, jedynie występujące w Bieszczadach (łuska Bystrego), cennione są jako kamień budowlany. Są one szaroniebieskawe, grubo- i średnioziarniste o spoiwie ilasto-wapnistym, silnie zsylikowanym. Z tego względu odznaczają się dużą twardością, stosunkowo wysoką wytrzymałością na ściskanie (70-178 MPa) i niską nasiąkliwością 0,78-0,91% wag. (tab. 4). Piaskowce z Bystrego mogą znaleźć zastosowanie jako kruszywa do wyrobu betonów tylko zwykłych. Przy produkcji betonów wyższych marek należy brać pod uwagę możliwość reagowania kruszywa powstałego



z tych silnie zsylikowanych (zawierających opal i chalcedon) piaskowców ze składnikami cementu.

Piaskowce krośnieńskie występują we wszystkich jednostkach tektonicznych Karpat zewnętrznych. Na kruszywa budowlane najlepiej nadają się piaskowce występujące w okolicach Sanoka, Leska i Krosna (złóża: Bóbrka, Komańcza i Mokre) (E. Grzelak, M. Grzegorowska, 1971). Są to skały grubo- i średnioławicowe, z udziałem łupków w ilości około 17%. Posiadają barwę szarą i strukturę przeważnie drobno- i średnioziarnistą. Przy wietrzeniu zmieniają one barwę na szarobrązową. Odnaczają się dobrymi parametrami technicznymi (tab. 4), co związane jest głównie z obecnością spoiwa wapnistego i krzemionkowo-wapnistego. Piaskowce te po usunięciu łupków, stanowiących szkodliwe zanieczyszczenia, mogą być wykorzystywane do produkcji łamanego kruszywa budowlanego marki 30. Piaskowce magurskie są odporne na wietrzenie i tworzą najwyższe szczyty zachodnich i środkowych Karpat. Są gruboławicowe, głównie drobno- i średnioziarniste o spoiwie krzemionkowo-ilasto-wapnistym (fot. 10). W stanie świeżym są szare lub jasnoszare, wietrzejąc zmieniają barwę na szarozółtą. Wykazują korzystne właściwości fizyczno-mechaniczne, w tym najniższą nasiąkliwość spośród omawianych piaskowców (tab. 4). Czyny je to, zgodnie z normą PN-84/B-04110, dobrym surowcem do produkcji kruszyw budowlanych marki 20-50.

Piaskowce grodzkie i cergowskie występują w Karpatach Wschodnich. Są grubo- i średnioławicowe, stalowoszare, niebieskoszare, wapniste (piaskowce cergowskie) i jasnoszare o spoiwie wapnisto-krzemionkowo-ilastym (piaskowce grodzkie). Mimo na ogół korzystnych właściwości technicznych (tab. 4), pozwalających na uzyskanie kruszywa marki 20 i 30, piaskowce te nie są wykorzystywane na szerszą skalę. Spowodowane to jest małymi zasobami oraz niekorzystnymi warunkami geologiczno-złożowymi, a zwłaszcza zmiennością składu mineralnego piaskowców i dużym udziałem łupków w profilu.

## Wnioski

Jakość mineralnych kruszyw łamanych uzależniona jest od różnorodnych cech macierzystej skały, do których należą:

- skład petrograficzny, wpływający na sposób renowacji kruszywa ze składnikami cementu
- pokrój minerałów, decydujący o szorstkości powierzchni ziarn kruszywa i przyczepności zaczynu cementowego
- właściwości fizyczno-mechaniczne, głównie: gęstość pozorną, porowatość, nasiąkliwość, ścieralność (odwrotność twardości), mrozoodporność (związana z nasiąkliwością) oraz wytrzymałość na ściskanie. Ma na nie wpływ wiele czynników takich jak: twardość i łupliwość minerałów, wielkość i charakter kontaktów ziarn, świeżość skały oraz w skałach osadowych rodzaj spoiwa i sposób jego wypełnienia
- naturalna podzielność (cios) decydująca o zastosowaniu skały: na płyty, kostkę czy kruszywo
- niejednorodność kompleksu skalnego (przerosty innych skał, zwietrzała część kopaliny, kras) wpływająca na obniżenie jakości kruszyw,

Tab. 4. Właściwości fizyczno-mechaniczne wybranych piaskowców, stosowanych jako kruszywo budowlane (wg: S. Kozłowskiego, 1986; \*E. Grzelaka i M. Grzegorowskiej, 1971)

Nazwa skały	Nazwa parametru fizyczno-mechanicznego skały			
	Gęstość pozorną [g/cm <sup>3</sup> ]	Nasiąkliwość [% wag.]	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]	Ścieralność w bębnie Devala [%]
Piaskowiec kwarcytowy (Wiśniówka)	2,52-2,64	0,25-1,36	203-264	2,0-3,4
Piaskowiec jurajski (Szydłowiec)	1,95-2,14	6,42-9,31	34-52	11,4-30,1
Piaskowiec istebniański (Bystre)	2,47-2,68	0,78-0,91	70-178	2,0-3,6
Piaskowiec krośnieński (Komańcza)*	2,42	1,2	99-130	n. o.
Piaskowiec magurski (Kłęczany)	2,62-2,69	0,22-0,64	84-166	2,6-4,4
Piaskowiec grodzki (Stępińska)	2,58-2,68	0,45-0,82	79-94	2,4-6,2
Piaskowiec cergowski (Żubracze)	2,61-2,71	0,45-0,71	110	5,4-6,4

n. o. - nie oznaczano

względnie powstawanie dużej ilości odpadów. Na jakość kruszywa ważny wpływ mają również procesy przeróbki, nadające jego ziarnom odpowiednią granulację, kształt i eliminujące spośród nich zanieczyszczenia.

**Anna Smoleńska**  
**Marek Rembiś**  
**Wydział Geologii, Geofizyki**  
**i Ochrony Środowiska**  
**Akademia Górniczo-Hutnicza**

## Literatura

1. Grabiec K. (1966) – *Lekki beton konstrukcyjny z porowatego kruszywa wapiennego (Karsy)*
2. *Poz. Tow. Przyj. Nauk, Prace Kom. Bud. i Arch. t 1, z. 2*
3. Grzelak E., Grzegorowska M. (1971) – *Piaskowce ze złóż w Rzeszowskim jako surowiec do produkcji kruszyw budowlanych. Cement – Wapno – Gips, nr 1*
4. Kozłowski S. (1986) – *Surowce skalne Polski. Wyd. Geol., Warszawa*
5. Wolska-Kotańska C., Góralczyk S. (2001) – *Kruszywa do budownictwa, Prace Nauk. Inst. Górn. Politechn. Wrocł., nr 93*

Fot. 10. Piaskowiec magurski drobnoziarnisty o spoiwie krzemionkowo-ilasto-wapnistym. Obraz mikroskopowy

