



# Kruszywa w budownictwie.

## Cz. 2. Kruszywa alternatywne

tekst: **prof. dr hab. inż. WIEŚLAW KOZIOŁ**, Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego Oddział Katowice; AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego, **mgr inż. ANDRZEJ CIEPLIŃSKI**, **dr inż. ŁUKASZ MACHNIAK**, **mgr inż. ADRIAN BORCZ**, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Górnictwa Odkrywkowego

W pierwszej części artykułu, która ukazała się w poprzednim numerze „Nowoczesnego Budownictwa Inżynierskiego” (nr 4 [61], lipiec – sierpień 2015), omówiono produkcję i zużycie kruszyw naturalnych w Polsce. Tematem tej części artykułu są kruszywa sztuczne, wtórne i z recyklingu.

### Podział i nazewnictwo

Obowiązujące normy dotyczące kruszyw, zharmonizowane z normami europejskimi, ustalają – obok wymagań dla określonych zastosowań – ich podział wraz z nazwami i definicjami. Wyróżnia się następujące podstawowe rodzaje kruszyw [3, 4]:

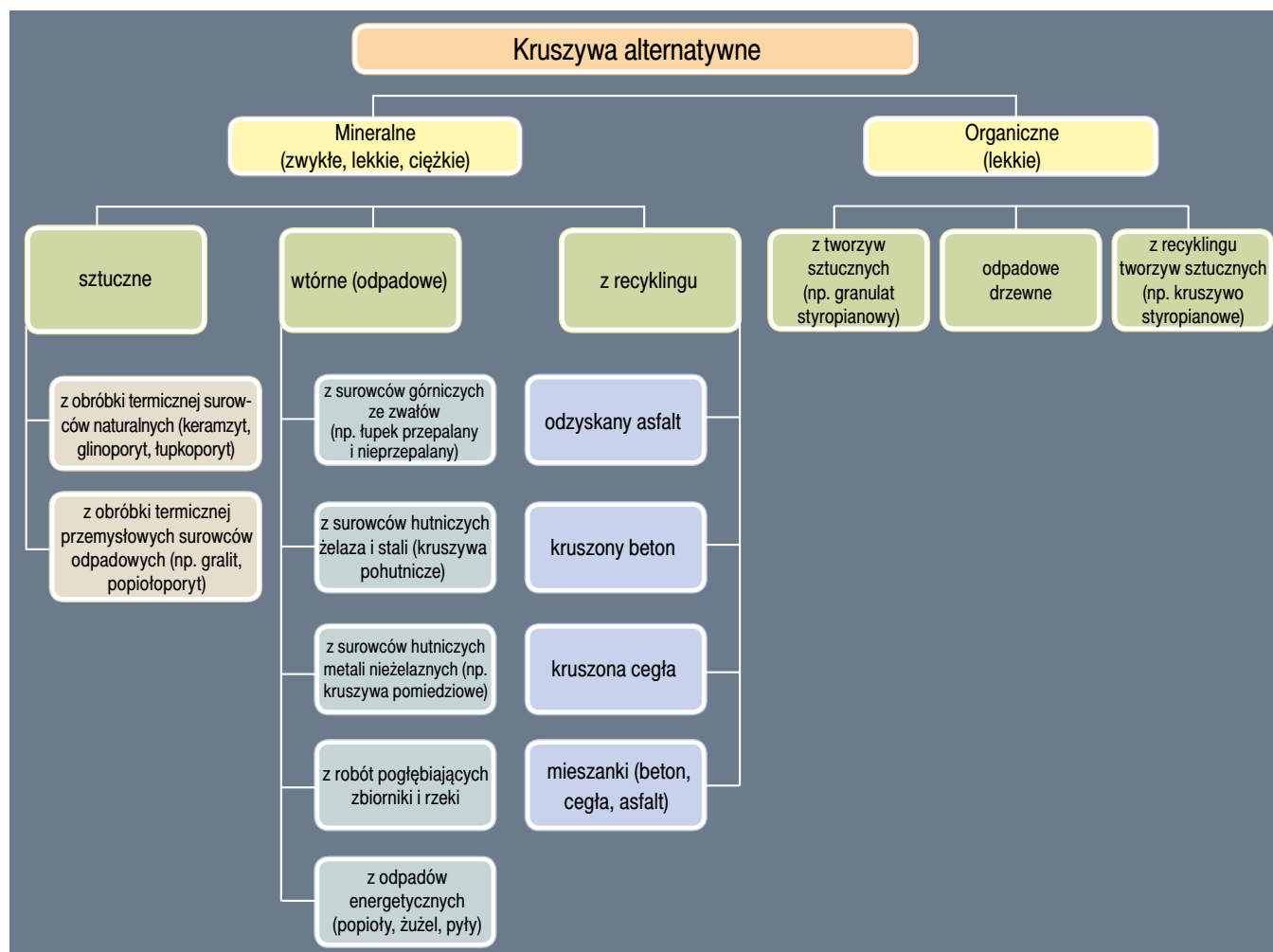
**Kruszywa naturalne** – kruszywa ze źródeł (złóż) naturalnych, które poza obróbką mechaniczną nie zostały poddane żadnej innej obróbce. Kruszywa naturalne dzielą się na kruszywa łamane i kruszywa żwirowe.

**Kruszywa sztuczne** – kruszywa pochodzenia mineralnego, uzyskane w wyniku procesu przemysłowego obejmującego termiczną lub inną modyfikację.

**Kruszywa z recyklingu** – kruszywa, które powstały w wyniku przeróbki nieorganicznego materiału zastosowanego poprzednio w budownictwie.

Przyjęty według normy PN-EN 12620 wyżej podany podział kruszyw nie jest jednoznaczny i budzi wiele zastrzeżeń, głównie ze względu na dużą grupę kruszyw z surowców odpadowych, towarzyszących i ubocznych, które oprócz przeróbki mechanicznej (kruszenie i przesiewanie) nie podlegają żadnej innej modyfikacji. Czy zatem kruszywa te (np. łupkoporyt ze zwalów, kruszywa pohutnicze, pomiedziowe itp.) należy zaliczyć do grupy kruszyw sztucznych? Normy kruszywowe, mimo że ustalają wymagania dla tej grupy kruszyw, nie precyzują tego. Stąd podejmuje się prace, aby te nieścisłości w podziale kruszyw usunąć.

W wielu opracowaniach [10], w tym dotyczących budownictwa, oprócz kruszyw sztucznych i z recyklingu wydziela się oddzielną grupę kruszyw – **kruszywa odpadowe**, do których zalicza się kruszywa pochodzenia mineralnego z jakiegokolwiek procesu technologicznego, poddane następnie jedynie obróbce mechanicznej. Do tej grupy zalicza się kruszywa produkowane z żużli hutniczych i elektrownianych, a także samoistnie przepracowane łupki przywęglowe.



Ryc. 1. Podział kruszyw alternatywnych

Te nieścisłości w nazewnictwie kruszyw zauważono również w UE, proponując m.in. nową, dodatkową nazwę – **kruszywa wtórne** (*secondary aggregates*) – dla kruszyw z surowców (produktów) wtórnych, wyprodukowanych w procesach przemysłowych. Jako źródła surowców (materiałów) wtórnych zaproponowano [3, 4]: spalarnie stałych odpadów komunalnych, przedsiębiorstwa energetyczne, hutnictwo żelaza i stali, przemysł metali nieżelaznych, pozostały przemysł hutniczy, górnictwo węgla kamiennego, prace pogłębiarskie, pozostałe.

Mając na uwadze niejednoznaczność podziału i nazewnictwa kruszyw, proponuje się przyjęcie wspólny termin dla wszystkich innych kruszyw niż naturalne kruszywa żwirowo-piaskowe i łamane – **kruszywa alternatywne** – ryc. 1.

Termin ten obejmuje kruszywa sztuczne, z recyklingu oraz kruszywa tzw. wtórne, produkowane z naturalnych surowców odpadowych, towarzyszących i ubocznych [13] pochodzących z górnictwa, hutnictwa, energetyki i innych gałęzi przemysłu i gospodarki narodowej. Zakres zastosowania wszystkich kruszyw alternatywnych ustalają normy PN-EN i jest on identyczny jak dla kruszyw naturalnych, po spełnieniu przez te kruszywa wymagań normowych w zależności od planowanego zastosowania. Wszystkie kruszywa alternatywne ze względu na gęstość ziaren lub nasypową dzieli się na:

- lekkie o gęstości ziaren mniejszej od  $2,0 \text{ t/m}^3$ ,
- zwykłe o gęstości ziaren od  $2,0$  do  $3,0 \text{ t/m}^3$ ,
- ciężkie o gęstości powyżej  $3,0 \text{ t/m}^3$ .

Przykłady kruszyw alternatywnych pokazano na rycinie 2.

Poza **kruszywami mineralnymi**, do których zaliczają się wszystkie kruszywa z surowców mineralnych (naturalne, sztuczne, wtórne, z recyklingu), produkowane są również lekkie **kruszywa organiczne** – odpadowe (drzewne), z tworzyw sztucznych (polimerowe – granulat styropianowy) i z recyklingu (polimerowe – kruszony styropian itp.), w pracy nie będą jednak omawiane.

### Kruszywa sztuczne

Zgodnie z zaproponowanym podziałem kruszyw alternatywnych, do grupy kruszyw sztucznych zaliczyć należy głównie kruszywa lekkie, powstałe w wyniku przemian termicznych, a więc takie, których gęstość ziaren wynosi poniżej  $2000 \text{ kg/m}^3$  lub gęstość nasypowa jest mniejsza od  $1200 \text{ kg/m}^3$ . W Polsce aktualnie produkuje lub dystrybuuje się następujące kruszywa sztuczne (lekkie) [4]:

- keramzyt (Mszczonów – Przedsiębiorstwo Kruszyw Lekkich Keramzyt Sp. z o.o., Gniew – Saint-Gobain Construction Products Polska Sp. z o.o., Miękinia (importer) – Ages Sp. z o.o.),
- perlit ekspandowany (Bełchatów – Perlipol Sp. j., Zębice – Zakłady Górniczo-Metalowe Zębice SA, Cieszyn – Perlit Polska Sp. z o.o., Kazimierz Biskupi – Perlit AF Sp. z o.o., Rzeszów – Bauwer Sp. z o.o.),
- popiołoporyt (Białystok – LSA Sp. z o.o., Gdańsk – Pollytag SA),

- żużel paleniskowy (Brzezie k. Opola – Epore Sp. z o.o., Rybnik – EDF Ekoserwis Sp. z o.o.).

Zdecydowanie największy udział w krajowym rynku kruszywa lekkich posiada **keramzyt**. Jest to sztuczne kruszywo lekkie, otrzymywane przez wypalanie niskotopliwych, odpowiednio przygotowanych i zgrudkowanych surowców ilastych o różnej strukturze. Keramzyt wytwarza się z surowców wyróżniających się zdolnością do termicznego pęcznienia. Proces produkcji keramzytu polega na wypaleniu odpowiednio przygotowanego i zgranulowanego surowca w temperaturze 1050–1300 °C. W trakcie procesu wypalania granule zwiększają swoją objętość wskutek wydzielania się gazów w miękkiej piroplastycznej masie, a zewnętrzna otoczka ulega nadtopieniu, tworząc spieczoną warstwę. W ten sposób otrzymujemy porowate, lekkie kruszywo ceramiczne o niskiej nasiąkliwości, wysokiej izolacyjności cieplnej i dużej odporności na różne czynniki. Ciężar nasypowy w zależności od frakcji wynosi 0,4–0,9 t/m<sup>3</sup> granulatu. Posiada wysoką izolacyjność cieplną, odporność na czynniki chemiczne, atmosferyczne, grzyby, owady, gryzonie. Jest materiałem bezwonnym, niepalnym, mrozoodpornym, o małej nasiąkliwości. Do głównych kierunków zastosowania keramzytu zaliczyć należy:

- geotechnika – wypełnienie keramzytowe w wielu przypadkach eliminuje kosztowne metody wzmocnienia słabych gruntów, takie jak wymiana gruntu, palowanie, iniekcja, fundamenty specjalne,
- izolacja stropów drewnianych,
- izolacja stropów betonowych,
- izolacja stropodachów,
- izolacja podłogi na gruncie,
- beton lekki i zaprawa ciepłochronna,
- wyroby z keramzytu, takie jak:
  - pustaki do ścian konstrukcyjnych,
  - bloczki do ścian fundamentowych,
  - pustaki do ekranów dźwiękochłonnych,
  - pustaki systemów kominowych,
- zielone dachy,
- ogrodnictwo.

Cena kruszywa w dostawie luzem wynosi ok. 170–260 zł netto za 1 m<sup>3</sup>. W przypadku keramzytu pakowanego cena ta jest znacznie większa i wynosi od 330 do nawet 1000 zł netto za 1 m<sup>3</sup> (w zależności od zastosowania i wielkości opakowania). Na południu kraju coraz częściej dostępny jest keramzyt z Czech w cenie 180–200 zł netto za 1 m<sup>3</sup>, oferowany poprzez internetowe portale sprzedażowe (aukcyjne).

Powyższe zastosowania dotyczą również kruszywa sztucznych (**popiołoporytu**) powstałych przez obróbkę termiczną popiołów z energetyki i ciepłownictwa. Kruszywa te oferowane są przez dwie firmy: Pollytag SA z Gdańska oraz LSA Sp. z o.o. z Białegostoku. Cena kruszywa zależna jest od uziarnienia. Średnio jest to ok. 90–130 zł netto za 1 m<sup>3</sup>.

W ostatnich latach obserwuje się również coraz większe zainteresowanie **perlitoporytem** (perlitem ekspandowanym). Otrzymuje się go przez obróbkę termiczną niektórych szklistych skał wulkanicznych, np. obsydianu, perlitu, smołowca. Kopaliny te importowane są głównie z takich krajów, jak Słowacja, Węgry, Grecja, Turcja, a sam proces ekspandowania odbywa się w fabrykach zlokalizowanych w kraju. Odpowiednio rozkruszony surowiec wypraża się w specjalnych piecach szybowych lub obrotowych w temperaturze 950–1150 °C. Następuje wydzielenie wody kry-



a) keramzyt



b) popiołoporyt



c) łupek przepalony z hałdy powęglowej



d) kruszywo z żużli stalowniczych



e) hałda łupka przepalonego



f) kruszywo z recyklingu odpadów budowlanych

Ryc. 2. Przykłady kruszyw alternatywnych

stalicznej, czemu towarzyszy znaczne zwiększenie objętości ziaren kruszywa. W efekcie gęstość skały maleje z 1000–1200 kg/m<sup>3</sup> do 30–150 kg/m<sup>3</sup>. Spieczony materiał jest sztywny i porowaty oraz ma niski współczynnik przewodzenia ciepła. Kruszywo to posiada bardzo korzystne właściwości termoizolacyjne oraz dużą odporność na działanie wysokich temperatur. Obecnie perlit ekspandowany stosowany jest przede wszystkim do:

- produkcji ciepłochronnych zapraw murarskich i tynkarskich,
- produkcji lekkich betonów, tzw. perlitobetonów (termopodkłady, termowylewki),
- docieplania stropów i konstrukcji dachowych (zasypki perlitowe),
- docieplania budynków metodą *blow-in* (wdmuchiwanie perlitu w wolne przestrzenie w ścianach),
- izolacji akustycznej podłóg, ścian oraz stropów,
- poprawy własności termoizolacyjnych muru obwodowego przez zasyp przestrzeni międzyżebrowych w pustakach,
- izolacji termicznej kominów,
- obniżenia masy tynków gipsowych,
- produkcji klejów do styropianu oraz klejów do glazury (dodatek perlitu w znaczący sposób poprawia ich płynność i przyczepność, zwiększa wydajność oraz ułatwia odparowanie wody),
- produkcji ekranów akustycznych jako materiał dźwiękochłonny.

Cena kruszywa w stanie luźnym w zależności od gęstości nasypowej i uziarnienia wynosi ok. 150–230 zł netto za 1 m<sup>3</sup>. Do głównych producentów perliotoporytu w Polsce zaliczyć należy firmy PPUH Perlit Polska Sp. z o.o. w Cieszynie, Perlit AF Sp. z o.o. w Kazimierzu Biskupim, Perlipol Sp. j. w Bełchatowie, Zakłady Górniczo-Metalowe Zębica SA w Zębcu oraz Bauwer Sp. z o.o. w Rzeszowie.

## Kruszywa wtórne

Kruszywa wtórne produkowane są głównie z różnego rodzaju surowców odpadowych powstających w przemyśle hutniczym, energetycznym i górniczym. Pochodzenie surowca ma duży wpływ na parametry fizykomechaniczne produkowanych kruszyw. Pozyskiwanie kruszyw odbywa się z odpadów pochodzących z bieżącej produkcji albo z odpadów nagromadzonych na składowiskach. Ilości odpadów składowanych (ponad 1,6 mld t – głównie z przemysłu wydobywczego), które są corocznie publikowane przez GUS, nie należy utożsamiać z wielkością dostępnej bazy zasobowej. W przypadku odpadów powęglowych (zdeponowanych) najbardziej pożądanym do produkcji kruszyw (sztucznych) jest tzw. łupek czerwony (przepak), którego zasoby operatywne na wszystkich składowiskach czy też bryłach rekultywacyjnych należy oszacować na ok. 20–25 mln t, co stanowi niespełna 5% zdeponowanych odpadów w tej grupie. Z kolei w przypadku odpadów z górnictwa rud miedzi wykorzystanie przeważającej ich części obecnie, pomimo znanych możliwych kierunków wykorzystania w budownictwie (m.in. do produkcji bentonitów górniczych, betonu ciężkiego, cementu, kruszyw porowatych, pianobetonu, mączki mineralnej – składnika mas bitumicznych), nie jest możliwe, gdyż tworzą one konstrukcję (obwałowanie) oraz doszczelniają dno obiektu unieszkodliwiania odpadów Żelazny Most. Naruszenie stabilności konstrukcji tego obiektu stanowiłoby poważne zagrożenie środowiskowe ze względu na rodzaj unieszkodliwianych w nim odpadów. Szacunkowo tylko ok. 25–30% odpadów ulokowanych (unieszkodliwionych) w tym obiekcie potencjalnie nadaje się do gospodarczego wykorzystania, zachowując konstrukcję oraz obecną jego funkcję.

W przypadku kruszyw produkowanych z odpadów zdeponowanych na składowiskach odpadów pohutniczych stalowniczych i wielkopieczowych głównym problemem są kończące się zasoby lub nawet ich całkowite wykorzystanie do produkcji kruszyw (w przypadku niektórych obiektów). W 2004 r. ilość nagromadzonych żużli z procesów wytopiania wynosiła ok. 22 mln t, natomiast w 2013 r. było to ok. 4 mln t [11, 12]. Podobne problemy dotyczą kruszyw produkowanych z odpadów zdeponowanych na składowiskach odpadów z hutnictwa metali nieżelaznych (miedzi i cynku). Nieznaczne ilości żużli pomiedziowych znajdują się jeszcze przy Hucie Miedzi Legnica, przy Hucie Miedzi Głogów zostały już w całości odzyskane.

Produkcja kruszyw wtórnych z odpadów pochodzących z bieżącej działalności jest ściśle uzależniona od kondycji danej branży, a ich ilość skorelowana jest z wielkością produkcji (wydobycia). I tak, w przypadku [9]:

- odpadów z górnictwa węgla kamiennego – ich ilość wynosi ok. 35–40% wielkości wydobycia węgla,
- odpadów z górnictwa rud miedzi – ich ilość wynosi ok. 90% wielkości wydobycia rudy,
- żużli stalowniczych i wielkopieczowych – ich ilość wynosi ok. 30% wielkości produkcji stali,

- żużli pomiedziowych – ich ilość wynosi ok. 190% wielkości produkcji miedzi.

Z powyższych danych wynika, że z bieżącej produkcji corocznie pochodzi ok. 30 mln t odpadów górniczych powęglowych, ok. 2,5 mln t żużli stalowniczych i wielkopieczowych oraz ok. 1,0 mln t żużli z hutnictwa miedzi. W odniesieniu do żużli z hutnictwa stali i miedzi łącznie można mówić o bieżącym całkowitym ich wykorzystaniu do produkcji kruszyw. Natomiast w przypadku odpadów powęglowych tylko nieznaczna część znajduje gospodarcze zastosowanie. Przykładem może być linia technologiczna do produkcji kruszyw w KHW (KWK Wujek).

Kruszywa wtórne w zależności od ich jakości i pochodzenia mogą być używane w wielu zastosowaniach budowlanych, takich jak:

- kruszywo do betonu (w tym lekkich) w budynkach, drogach, obiektach budowlanych, prefabrykacji budowlanej,
- kruszywo doziarniające:
  - do gruntów,
  - do nawierzchni twardej, nieulepszonej, realizowanej w technologii nawierzchni z kruszywa stabilizowanego mechanicznie,
  - do podbudowy pomocniczej w warstwach dolnych, wzmacniających, stabilizowanych mechanicznie,
- w zasypkach obiektów inżynierskich wykonanych z gruntów kamienistych i gruboziarnistych,
- materiał wypełniający i (lub) klinujący do podbudowy pomocniczej,
- budowa nasypów (poniżej strefy przemarzania, w strefie przemarzania, gdy zalegają w miejscach suchych lub są izolowane od wody bądź stanowią wypełnienie dla gruntów kamienistych i gruboziarnistych),
- na warstwy mrozo odporne, odsączające,
- zasypki:
  - obiektów inżynierskich,
  - wykopów na instalacje,
  - przyczółków i konstrukcji oporowych,
- makroniwelacje terenów,
- rekultywacja terenów,
- budowa wałów przeciwpowodziowych,
- utwardzanie nawierzchni gruntowych,
- zimowe utrzymanie dróg jako kruszywo uszorstniające.

## Kruszywa z recyklingu

Kruszywa z recyklingu powstają w wyniku prowadzenia prac budowlanych, takich jak roboty wyburzeniowe i rozbiórkowe, remonty, przebudowa. Jakość kruszyw z recyklingu jest zależna od jakości materiałów, które są przetwarzane (beton, cegła, asfalt). Istnieją dwa sposoby wytwarzania kruszywa z recyklingu: w miejscu rozbiórki, budowy, przebudowy, remontu lub *ex situ* – w zakładach utylizacji. Duże oszczędności, w tym na kosztach transportu, można osiągnąć przy produkcji kruszywa z recyklingu w miejscu ich pozyskiwania. Obrót tymi surowcami jest bardzo trudny do zewidencjonowania. Na podstawie danych historycznych udział materiałów budowlanych w łącznej ilości odpadów z robót rozbiórkowych, budowlanych i remontowych stanowi ok. 30% (40% złom, 30% gleba i ziemia), z kolei stopień odzysku odpadów kształtował się na poziomie ok. 80% [8]. Zakładając wzrost wskaźnika odzysku do poziomu 90%, jak również możliwość recyklingu odpadów o kodach

# Kruszywa sztuczne Metraco



## Kruszywa sztuczne Metraco

to wysokiej jakości surowiec, który pod względem swoich właściwości fizykochemicznych nie tylko dorównuje kruszywom naturalnym, ale przewyższa je pod względem m.in. mrozoodporności, twardości, odporności na ścieranie czy rozdrabnianie.

Produkt, który jest efektem zagospodarowania odpadów przemysłowych, powstających w procesie wytopienia miedzi w hutach w Głogowie i Legnicy, wykorzystywany był m.in. do budowy autostrady A2 i A4, drogi krajowej S3 - obwodnicy Zielonej Góry, Nowej Soli, Sulechowa.

Swoje zastosowanie znajduje zarówno w budowie dróg, jak i w inwestycjach kolejowych, a także produkcji betonu towarowego i prefabrykatów betonowych.

**Oferujemy:** należący do Metraco SA oddział produkcji kruszyw oferuje odbiorcom szeroki wybór kruszyw, m. in. mieszankę drobną 0/5 mm, mieszanki 0/31,5, 0/63 mm, grysy 5/8, 8/11, 11/16, 16/22 mm.

## Kruszywa od Metraco – co nas wyróżnia?

- Wysoka jakość surowca, potwierdzona certyfikatami i atestami
- Szerokie spektrum zastosowania kruszyw, obejmujące wszystkie warstwy konstrukcyjne dróg, oraz produkty betonowe
- Dogodna lokalizacja zakładów produkcyjnych w Głogowie i Legnicy, a tym samym niższe koszty transportu produktu
- Ekspedycja produktów różnymi środkami transportu
- Zdolności produkcyjne na poziomie 1,5 miliona ton rocznie
- Nowoczesne technologie zakładów produkcyjnych, pozwalające umiejętnie zagospodarowywać odpady przemysłowe z hut

### Metraco S.A.

ul. Św. M. Kolbe 9, 59-220 Legnica

Adres do korespondencji:

ul. Rycerska 24, 59-220 Legnica

[www.metraco.pl](http://www.metraco.pl)

 **METRACO**  
Grupa **KGHM**

Metraco S.A. to założona w 1991 roku wyspecjalizowana firma handlowa należąca do grupy kapitałowej KGHM Polska Miedź S.A. Spółka jest jednym z największych krajowych producentów kruszyw łamanych, znaczącym na rynku krajowym dostawcą soli drogowej, a także największym odbiorcą złomu miedzi w Polsce.