

*Dorota Łochańska\**

## OCENA METOD BILANSOWANIA POPYTU Z PRODUKCJĄ SUROWCÓW SKALNYCH\*\*

---

### 1. Wstęp

Rozwój infrastruktury Kraju sprawia, że zapotrzebowanie na surowce skalne jest ciągle. Eksploatacja kruszyw budowlanych i drogowych dostosowywana jest do stref odbioru, a rozwój rynków lokalnych jest najbardziej pożądanym i opłacalnym dla odbiorców, gdyż następuje wówczas minimalizacja kosztów transportu. Niestety zasoby kopalin są wyczerpywalne, dlatego też rolę likwidowanych kopalń przejmują nowe zakłady, niekiedy zlokalizowane w odległych miejscach. Ze względów ekonomicznych istnieje tendencja do udostępniania i eksploatacji złóż w pobliżu większych aglomeracji, gdyż zapewnia to stały popyt. Przykładem może być rejon Krakowa.

### 2. Zagospodarowanie złóż surowców skalnych w Polsce

„Bilans zasobów kopalin i wód podziemnych w Polsce” wśród surowców skalnych wyróżnia m.in. następujące grupy [2]:

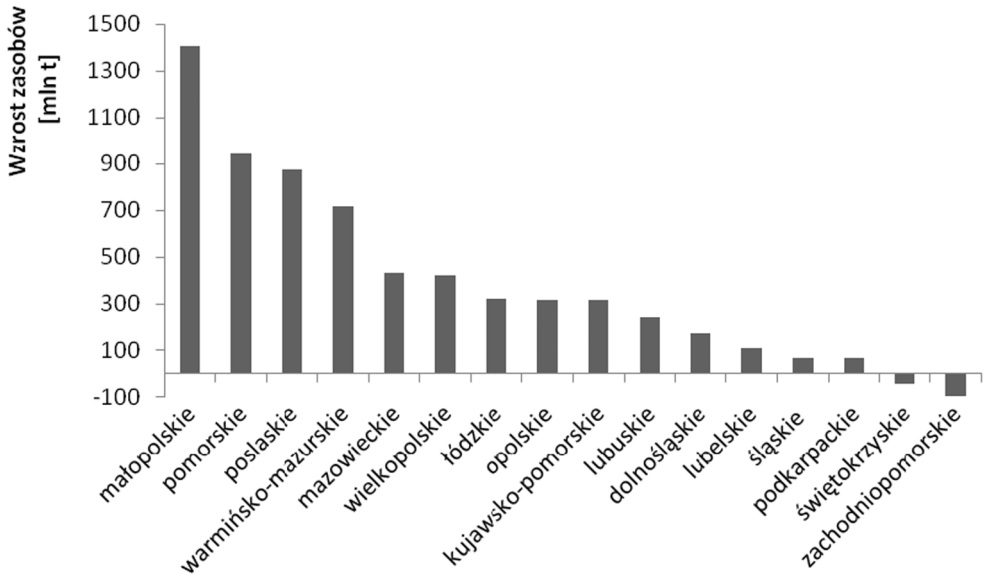
- kamienie łamane i bloczne (kamienie drogowe i budowlane);
- dolomity (mające zastosowanie inne niż w drogownictwie i budownictwie);
- piaski i żwiry (dawna grupa kruszyw naturalnych);
- piaski kwarcowe do produkcji betonów komórkowych i cegły wapienno-piaskowej;
- piaski podaszkowe;
- piaski formierskie;
- inne.

---

\* Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

\*\* Artykuł zrealizowano w ramach pracy statutowej AGH nr 11.11.100.952

Największą grupą są piaski i żwiry. Według stanu na koniec 2008 r. w Polsce odnotowano 6625 złóż, w tym 2476 zagospodarowanych, 2587 — niezagospodarowanych, a pozostałe to te, gdzie zaniechano eksploatacji. Geologiczne zasoby bilansowe wynosiły 15 648,66 mln t, co stanowiło ok. 4% więcej niż w roku 2007. Do takiego wzrostu przyczyniło się udokumentowanie 670 nowych złóż o łącznej ilości zasobów ok. 966 mln t. Przyrost zasobów piasków i żwirów w poszczególnych województwach przedstawia rysunek 1 [2].



Rys. 1. Wzrost ilości zasobów w poszczególnych województwach w 2008 roku [2]

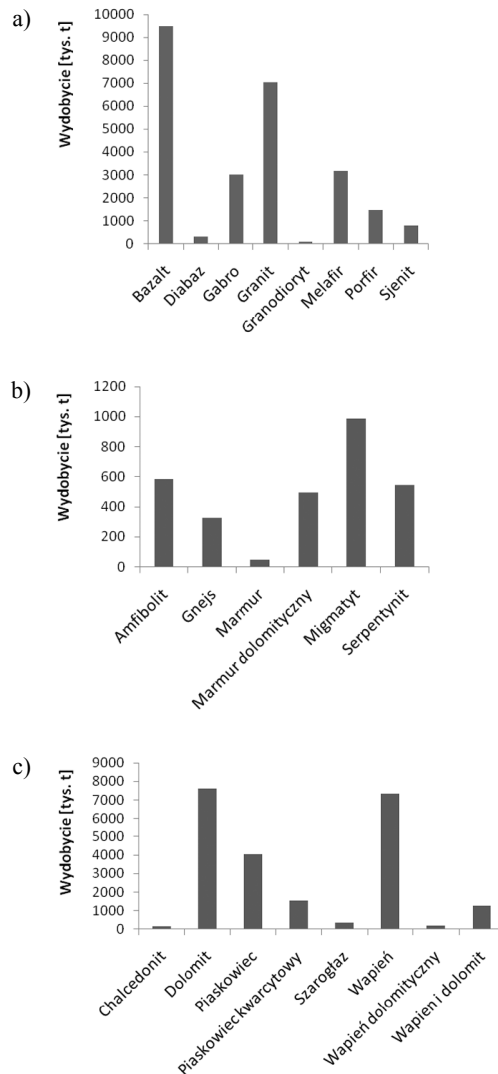
Wydobyte złóż kruszywo piaszczysto-żwirowych w 2008 roku w stosunku do roku wcześniejszego wzrosło o około 7,6%, a największy wzrost odnotowało województwo pomorskie około 46%.

Grupa surowców skalnych, ujęta w bilansie jako: kamienie łamane i bloczne, obejmuje 660 złóż o geologicznych zasobach bilansowych wynoszących 9202,98 mln t. W 2008 roku również i w tym przypadku wielkość wydobycia wzrosła, w stosunku do 2007 roku o około 5,39 mln t, głównie dzięki zapotrzebowaniu na kruszywo wykorzystywane w infrastrukturze drogowej. Wielkość wydobycia surowców skalnych według typów litologicznych skał przedstawiono na rysunku 2 [2].

Pozostałe grupy surowców skalnych nie są tak pokaźne jak te opisane powyżej. Grupa dolomitów, znajdujących zastosowanie w przemyśle hutniczym, szklarskim oraz w rolnictwie do produkcji nawozów wapienno-magnezowych, obejmowała 12 złóż o łącznej ilości geologicznych zasobów bilansowych około 353,35 mln t według danych na koniec 2008 roku. Odnotowano spadek wydobycia o około 13%.

Pozostałe grupy o mniejszym rynkowym znaczeniu to m.in. [2]:

- żwirki filtracyjne — złoża tylko rozpoznane (brak wydobywania);
- piaski kwarcytowe do produkcji betonów komórkowych i cegły wapienno-piaskowej — złoż 57 w tym 14 eksploatowanych;
- piaski formierskie — złoż 77 w tym zagospodarowanych tylko 8.



**Rys. 2.** Wielkość wydobywania dla poszczególnych typów litologicznych skał stosowanych jako kamienie drogowe i budowlane w 2008 r.:  
a) skały magmowe; b) skały metamorficzne; c) skały osadowe [2]

### 3. Regionalizacja surowców skalnych

W latach 70. i 80. ubiegłego wieku funkcjonowało i było bardzo popularne pojęcie okręgu górniczego. Przy eksploatacji odkrywkowej była to jednostka geograficzno-geologiczna, w której występowały złoża surowców skalnych wymagające kompleksowego i racjonalnego zagospodarowania na drodze koordynacji poczynań różnych zakładów górniczych i innych przedsiębiorstw działających na danym terenie, prowadzonej przez wyznaczonego gestora [3].

Obecnie nazwa „grupa kopalń” zastąpiła pojęcie okręgu górniczego, czyli jest to pewne przedsiębiorstwo, które posiada koncesje na eksploatację kilku lub kilkunastu złóż (zazwyczaj położonych w sąsiedztwie, ale nie zawsze). Z kolei okręgi eksploatacji to obszary, gdzie występują złoża i koncentracja wydobycia. Pod względem geograficznym i administracyjnym są one przyporządkowane jednostkom podziału, fizjograficznego lub administracyjnego np. mogą to być granice województw (województwo małopolskie — Region Małopolski).

Tworzenie okręgów, jak i regionów związanych ze skupioną organizacyjnie i terytorialnie produkcją surowców skalnych ma duże znaczenie przy określeniu zależności pomiędzy wielkością wydobycia a zapotrzebowaniem na danym obszarze. Stanowi to ważny aspekt ekonomiczny dla producentów (zakładów górniczych) jak i odbiorców.

Kruszywa piaszczysto-żwirowe to najpospolitsza grupa kopalin skalnych w Polsce. Ich wydobycie ma charakter masowy. Do takiego stanu rzeczy niewątpliwie przyczyniły się nowe inwestycje dotyczące infrastruktury budowlanej i drogowej. Masowe wydobycie ma wpływ na kalkulację cen pozyskiwanych i sprzedawanych surowców. Przede wszystkim odnosi się to do kosztów transportu, gdyż krąg potencjalnych nabywców zamyka się zazwyczaj w odległości do około 30 km od zakładów górniczych. Powyższy fakt wskazuje na słuszność wprowadzenia pojęcia „region surowcowy” [4, 8].

W przypadku polskich kruszyw żwirowo-piaszczystych, Polska dzieli się na dwie strefy surowcowe. Pierwsza — Niż Polski, obejmuje osady pochodzenia lodowcowego i wolnolodowcowego. Druga — karpacko-sudecka to głównie złoża genezy rzecznej (piaski i żwiry).

Bardzo ciekawy podział na regiony przy uwzględnieniu szczegółowych uwarunkowań genetycznych, wynikających z parametrów geologicznych (tj. wiek powstania, korelacje z kolejnymi fazami zlodowaceń, formy morfologiczne) proponuje dr hab. inż. Barbara Radwanek-Bąk z Państwowego Instytutu Geologicznego — tabela 1 [4, 5].

W innej publikacji [9] dotyczącej oceny jakości kruszyw w funkcji rejonu ich występowania, autorka dokonuje regionalizacji obszaru Polski na podstawie występowania złóż kruszywa naturalnego (obecnie kruszywo piaszczysto-żwirowe) — tabela 2.

Jakość surowca wynika bezpośrednio z uziarnienia oraz składu mineralogicznego, wpływającego na własności fizyko-mechaniczne. Geneza kruszyw ma również wpływ na te własności, a schemat ich rozmieszczenia w kraju wskazuje na pewne parametry pozyskiwanych surowców. Podział na strefy obejmujące zasoby o podobnych właściwościach może wskazywać jakich jakościowo spodziewać się produktów. Natomiast przy określaniu

przydatności kruszyw należy wziąć pod uwagę, że parametry fizyko-mechaniczne nie są stałe w danym złożu, ani tym bardziej regionie. Zależne są one od wielu czynników m.in. takich jak: zmienność litologiczna, procesy wietrzenia, szczelinowatość itp. [9].

TABELA 1

**Regiony surowcowe złóż naturalnych kruszyw piaszczysto-żwirowych w Polsce [4, 5]**

Nazwa regionu	Położenie administracyjne (województwo)
Północny	zachodniopomorskie, pomorskie, warmińsko-mazurskie (oprócz części południowej), północna część lubuskiego (powiaty: gorzowski, międzyrzecki, świebodziński, sulciński, słubicki, strzelecki), północna część wielkopolskiego (powiaty: nowotomyski, szamotulski, międzychodzki, grodziski, wrzesiński, średzki, gnieźnieński, pilski, złotowski, czarnkowski, chodzieski, wągrowiecki, poznański), podlaskie
Centralny	łódzkie, południowa część wielkopolskiego, południowa część mazowieckiego (powiaty: radomski, kozienicki, szydłowiecki, przysuski, zwoleński), świętokrzyskie, lubelskie
Południowo-zachodni	dolnośląskie, opolskie, śląskie (beza południowo-wschodnia części), południowa część lubuskiego
Południowo-wschodni	małopolskie, podkarpackie, południowo-wschodnia część śląskiego (powiaty: bielski, żywiecki, cieszyński)

TABELA 2

**Regionalizacja obszaru Polski na podstawie występowania złóż kruszywa naturalnego [9]**

Strefa	Obszar	Rejon
Niż Polski	północny	szczeciński, pomorsko-wielkopolski, mazurski, suwalski, białostocko-sokółski, kurpiowski
	południowy	częstochowsko-wieluński, kielecko-radomski, ostaszewski, śląski
Karpaty i Sudety	karpacki	przemyski, krośnieński, nowosądecki, tarnowski, bielski, raciborski
	sudecki	wrocławski, jeleniogórski, bobrzański

## 4. Metody bilansowania

Literatura dotycząca bilansowania zapotrzebowania na surowce skalne w zależności od ich wydobycia (produkcji) jest dosyć skromna.

Metody bilansowania popytu na surowce z ich produkcją dotyczą pewnych obszarów. Można je rozpatrywać w następujących aspektach:

- w granicach administracyjnych państwa — rozpatrywanie wystarczalności zasobów w okresie kilkudziesięciu lat;
- pomiędzy jednostkami administracyjnymi typu: województwa, powiaty, gminy — mówi się wówczas o rynku lokalnym, gdzie miejsca produkcji nie są odległe od miejsc zapotrzebowania, co nie wpływa na wzrost kosztów transportu;
- pomiędzy regionami — określanie obszarów zaspokojenia popytu między regionami, w których koszty jednostkowe pozyskiwania surowców są porównywalne a decydującym czynnikiem zakupu przez odbiorców jest koszt transportu — a dokładnie odległość „odbiorca — producent”;
- pomiędzy większymi aglomeracjami miejskimi a sąsiadującymi z nimi miejscami produkcji.

Bilansowanie lokalne (na obszarach województw, gmin, powiatów oraz większych miast) jest szczególnie ważne w przypadku, gdy dotyczy kopalni powszechnych, eksploatowanych masowo np. kruszywa piaszczysto-żwirowe. Kopalnie eksploatujące je występują w całym kraju, zazwyczaj są to zakłady górnicze małe, gęsto rozmieszczone. Bilansowanie pozwala na uzasadniony ekonomicznie wybór miejsc, w których popyt może być zaspokajany przy minimalnych kosztach transportu. W pierwszej kolejności wykorzystywane są zasoby z obszarów położonych najbliżej, odbiorcy zaopatrują się w pobliskich kopalniach, gdyż im większa odległość od zakładu górniczego wzrastają koszty transportu.

Istotnym elementem analizy zależności pomiędzy popytem a produkcją jest ciągłe zapotrzebowanie na surowce skalne, które społeczeństwo wykorzystuje nieprzerwanie przy inwestycjach budowlanych, drogowych i remontowych [6].

W celu ustalenia zapotrzebowania na kruszywo należałoby wykonać oceny rynków odbiorców i producentów lub posłużyć się metodą analogii, która szacuje na podstawie uzyskanych wyników z lat minionych. Każda z powyższych metod posiada wady i zalety. Ankietyzowanie odbiorców nie sprawdza się w przypadku ich dużej liczby, oraz zaopatrywania w niewielkie ilości kruszyw (wada). Natomiast ankietyzowanie producentów jest słuszne wówczas, gdy bazujemy na: określonej regionalizacji, właściwym bilansowaniu popytu i podaży, znajomości kosztów uzyskania surowców i ich transportu. Metoda analogii wymaga dokładnego rozpoznania istniejących warunków w poprzednich okresach oraz założenia, że prognozowany nie będzie odbiegał od nich istotnie. W przypadku planowanych dużych inwestycji trwających przez pewien przedział czasowy (miesiąc, rok, kilka lat itp.), gdzie występuje duże zapotrzebowanie na kruszywo omawiana metoda może błędnie szacować.

Przy analizie popytu od wielkości produkcji należy skupić się na wyznaczonych obszarach: rejonach, regionach, większych aglomeracjach, a dopiero wówczas rozpatrywać globalnie dla całego kraju. Lokalne bilansowanie sprawia, że mamy jasny punkt widzenia, na których terenach występują deficyty, a na których nadwyżki produkcji [6].

Struktura popytu i produkcji surowców skalnych decyduje o kosztach inwestycji budowlanych i drogowych w poszczególnych regionach. Na te koszty wpływają przede wszystkim warunki eksploatacji (koszty pozyskiwania) oraz zapotrzebowanie na rynku lokalnym bezpośrednio po wydobytcu lub po wstępnych operacjach przerobczych. W Polsce stosowany jest transport samochodowy (równomiernie rozmieszczona sieć dróg) i kolejowy (zakłady górnicze eksploatujące na dużą skalę, posiadające bocznicę kolejową). Granicą stosowalności każdego z nich są koszty jednostkowe transportu. W przypadku kopalni powszechnie występujących granicą wielkości stosowalności spedycji samochodowej w porównaniu z kolejową jest odległość. Niestety koszty transportu wzrastają w przypadku, gdy wielkość produkcji w regionie nie jest dostosowana do struktury popytu. Odbiorcy w takich przypadkach sprowadzają (kupują) surowiec z odległych obszarów, co wpływa na jego cenę.

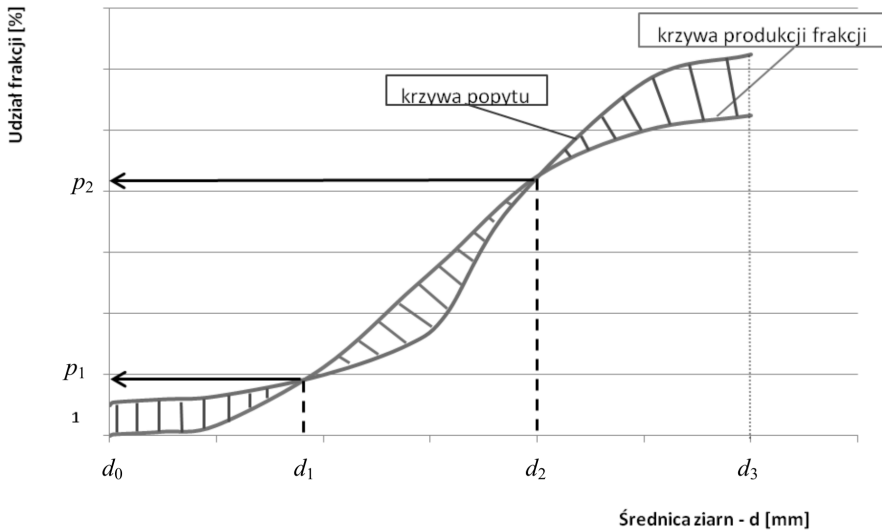
Przy ustaleniu harmonii pomiędzy wielkością produkcji a popytem należy uwzględnić:

- ciągłość popytu — przeprowadzić analizę rozwoju infrastruktury drogowej i budowlanej (uwzględnić również planowane inwestycje);
- jednorodność — a konkretniej niejednorodność, gdyż potrzeby danego regionu zazwyczaj są niejednorodne;
- zmienność w kierunku — określić obszar wokół miejsca wydobywania (produkcji) i ustalić odbiorców (ich zmienność), szczególnie tych kupujących niewielkie ilości kruszywa;
- zmienność w czasie — sezonowość — w okresach: wiosennych, letnich, czy też wczesno-jesiennych odnotowuje się największą ilość prac budowlano-remontowych, okres zimy jest mniej efektywnym, a zatem zapotrzebowanie na kruszywo jest wówczas mniejsze [7].

Efektom końcowym wydobywania i klasyfikacji kruszywa jest asortyment oferowany do sprzedaży odbiorcom. Wybór produkowanych frakcji jest indywidualny dla każdej kopalni i uzależniony od zapotrzebowania konsumentów. Podstawowe znaczenie dla produkcji kruszywa ma wielkość nadawy. Zbyt duże fragmenty skały (zwane nadgabarytami) stanowią utrudnienie w pozyskiwaniu odpowiednich klas ziarnowych. Z kolei zbyt duży udział frakcji drobnej może być niekorzystny ze względu na wymagania odbiorców lub też powodować skierowanie kruszywa do gorszych produktów (o małym popycie), co jest niekorzystne dla przedsiębiorcy [10].

Strukturę popytu na kruszywo możemy przedstawiać w formie graficznej. Na rysunku 3 przedstawiono przebieg: krzywej wynikający z budowy geologicznej złoża (krzywa produkcji frakcji) oraz krzywej zapotrzebowania odbiorców (krzywa popytu). Analizując te krzywo liniowe funkcje możemy określić część popytu, której nie jesteśmy w stanie zaspokoić (obszar zakresowany — odpowiadający przedziałowi  $d_1-d_2$ ), a także produkcję, którą przewyższa popyt (obszar zakresowany — przedziały  $d_0-d_1$  i  $d_2-d_3$ ), dzięki czemu jesteśmy w stanie przeprowadzić bilansowanie pomiędzy tymi dwoma strukturami. Również możliwe jest wyznaczenie prawdopodobieństwa uzyskania konkretnej frakcji np.  $P(d_1 - d_2) = p_1 - p_2$ . W zależności od przebiegu analizowanych krzywych może zaistnieć sytuacja, że produkcja grubych frakcji przewyższa popyt. Zaś zapotrzebowanie na frakcje średnie i drobne jest

większe od produkcji, wówczas grube kruszywo można poddać operacji przeróbczej — kruszeniu, aby zaspokoić rynek odbiorców.



Rys. 3. Przebieg funkcji popytu i krzywej produkcji frakcji (opracowanie własne)

## 5. Wnioski

- 1) Polska posiada bogatą bazę kopalin skalnych. Największą grupę stanowią kruszywa naturalne (piaski i żwiry). Rozmieszczone są one w Polsce nierównomiernie: generalnie — część północna posiada znaczne zasoby piasków, część środkowa — niewielkie złoża piaszczysto-żwirowe i część południowa — złoża żwirowo-piaskowe o przewadze żwirów. Takie położenie złóż wpływa na dekoncentrację zaspokojenia popytu w różnych regionach kraju na konkretne asortymenty. W zależności od zapotrzebowania sprzedaje się piaski i żwiry w takiej postaci w jakiej się je uzyskało przeprowadzając tylko płukanie i klasyfikację lub operacje rozdrabniania — uzyskując kruszywo naturalne łamane. W przypadku kruszyw łamanych występuje dużo większa dysproporcja, gdyż większość złóż znajduje się na południu kraju, a rynki zbytu (odbiorcy) na obszarze całej Polski [1].
- 2) Największa liczba kopalń surowców skalnych ma małą produkcję i zaspokaja jedynie rynek lokalny. Istnieje tendencja dostosowywania wielkości produkcji do struktury popytu poprzez lokalizację miejsc produkcji w pobliżu odbiorców, co obniża koszty transportu.
- 3) Zależność produkcji kopalin powszechnie występujących od popytu decyduje w podstawowym stopniu o kosztach inwestycji drogowych i budowlanych, gdyż jego niedo-



stosowanie do produkcji wymusza zbędny transport i zwiększa koszty ponoszone przez odbiorcę. Zagadnienie to może być mierzone w skali kraju.

- 4) Możliwy kierunek zastosowania kruszywa wpływa na zapotrzebowanie i jest głównym czynnikiem określającym opłacalność wydobycia kopaliny ze złoża. Stałe monitorowanie parametrów jakościowych produkowanego surowca jest koniecznością przedsiębiorcy w zapewnieniu sobie odbiorców.
- 5) Znana (możliwa do określenia, ale stale aktualizowana, gdyż się zmienia) jest struktura popytu na poszczególne asortymenty kruszyw. Wynika ona z zamówień składanych na poszczególne frakcje, a także z doświadczeń kierownictwa zakładu górniczego, gdyż w kolejnych latach wielkość popytu na konkretne frakcje jest podobna. Asortyment jest dość indywidualny dla każdej kopalni i uzależniony od zamówień odbiorców, ale poprzez znajomość zapotrzebowania na poszczególne frakcje, możemy podjąć odpowiednie czynności przeróbcze, aby zaspokoić potrzeby konsumentów.
- 6) Wzajemna analiza porównawcza krzywej produkcji frakcji z krzywą popytu dostarcza cennych informacji w organizacji procesów przeróbczych w zakładzie przeróbki mechanicznej oraz stwarza możliwość takiego projektowania obiegu nadawy w zakładzie, aby zaspokoić popyt odbiorców na określone frakcje kruszywa. Nie jest możliwe określenie jednej wzorcowej krzywej produkcji, gdyż już w tym samym złożu przeprowadzając analizy sitowe kolejnych partii wyeksploatowanej kopaliny uzyskujemy inne wyniki. W przypadku rejonów eksploatacji również jest podobnie. Nasuwa się wniosek, że krzywe produkcji frakcji można dostosowywać do popytu a nie do konkretnego złoża. Producenci posiadając krzywą popytu i krzywą nadawy mogą dobrać odpowiednio technologie do uzyskania najbardziej korzystnej krzywej składowej produktu.

#### LITERATURA

- [1] *Bąk, B., Piotrowska A., Radwanek-Bąk B.*: Wpływ budowy autostrad i dróg szybkiego ruchu na poziom wydobycia pospolitych kopaliny skalnych w Polsce. Biul. PIG, nr 439 (2), 2010
- [2] Bilans Zasobów Kopaliny i Wód Podziemnych w Polsce według stanu na 31.12.2008 r. Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Geologii Gospodarczej, Warszawa 2009
- [3] *Olszewski J. i in.*: Leksykon górniczy. Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1989
- [4] *Radwanek-Bąk B.*: Regiony surowcowe naturalnych kruszyw zwirowo-piaszczystych w Polsce. Wyd. BMP, Surowce i Maszyny Budowlane 4/2007 (359), Racibórz 2007
- [5] *Siliwończuk Z.*: Geologiczno-złożowe warunki występowania kruszywa naturalnego w Polsce. Pr. Inst. Geol. 113, Warszawa 1985
- [6] *Strykowski M.*: Metoda bilansowania popytu i podaży kruszyw naturalnych – uwarunkowania ekonomiczne. Konferencja Kruszywa Mineralne: Surowce — rynek — technologie — jakość, Szklarska Poręba 2004
- [7] *Strykowski M.*: Optymalizacja wielkości produkcji regionu surowcowego zależnie od struktury popytu. Wyd. AGH, Górnictwo, Rok 23, Zeszyt 2, Kraków 1999
- [8] *Strykowski M. i in.*: Programowanie eksploatacji i zagospodarowania terenów pogórnich złóż kruszywa naturalnego w dolinach rzek karpackich na przykładzie Karpat Zachodnich. Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2006
- [9] *Szuba J.*: Ocena jakości wybranych kruszyw w funkcji rejonu występowania. Wyd. BMP, Surowce i Maszyny Budowlane 5/2007 (365), Racibórz 2007
- [10] *Tyrka A.*: Analiza układu wydobycia i przeróbki zwirow w Kopalni Kruszywa Naturalnego „Dębina Lętowska”. Praca dyplomowa (niepublikowana), Kraków 2003