



## PUBLIKACJE

### TYTUŁ

**Badanie uziarnienia materiałów mineralnych 0,5  $\mu\text{m}$  - 100 mm**

### AUTORZY

Stanisław Kamiński, Dorota Kamińska, KAMIKA Instruments

### DZIEDZINA

Mineralurgia, górnictwo

### PRZYRZĄD

IPS L, IPS UA, IPS U, IPS A, AWK 3D, AWK B

### SŁOWA KLUCZOWE

Skład granulometryczny, krzywa uziarnienia, system analizatorów optyczno-elektronicznych - Elsieve, pomiar wielkości cząstek, symulacja analizy sitowej i areometrycznej, analiza kształtu cząstek 3D

### ŹRÓDŁO

Konferencja: Kruszywa Mineralne, Szklarska Poręba, 2009

### ABSTRAKT

Opracowano unikalny system składający się z kilku analizatorów optyczno-elektronicznych wykorzystujący metodę „Elsieve” do pomiaru krzywej uziarnienia. W zależności od potrzeb każdy z analizatorów może mierzyć oddzielnie lub przy wykorzystaniu odpowiedniego oprogramowania uzupełniać zespół sit pomiarowych.

Zespoły analizatorów przeznaczonych do pomiaru różnych frakcji uziarnienia materiałów mineralnych można łączyć w dowolny system, a ich wyniki sumować. Przedstawiony system jest zgodny z normą PN-EN ISO 14688-2:2006 r. pt. Badania geotechniczne. Oznaczanie i klasyfikowanie gruntów. Część 2. Zasady klasyfikowania p. 4.3.

29/02/2016

## BADANIE UZIARNIENIA MATERIAŁÓW MINERALNYCH 0,5 $\mu\text{m}$ - 100 mm

### WSTĘP

Każdy technolog zmagający się z dokładnym określeniem rozkładu uziarnienia materiału mineralnego musi się zastanowić ile takie pomiary zajmą mu czasu i jak często będzie mógł te pomiary powtórzyć dla kontroli prowadzonego przez siebie procesu technologicznego. Na ogół takie pomiary wykonuje się sporadycznie w stosunku do masy użytego w procesie technologicznym materiału wierząc, że surowiec mineralny jest stabilny co nie zawsze odpowiada rzeczywistości. Poza tym obecnie prowadzone pomiary są zawsze spóźnione. Wyniki badań otrzymuje się gdy surowiec już został użyty i nie można przeprowadzić żadnej korekcji uziarnienia.

Powyższą sytuację można zmienić wykorzystując nowoczesne metody pomiaru, które mogą w warunkach laboratoryjnych kontrolować bieżące surowce w czasie rzeczywistym i pomóc w podejmowaniu decyzji czy dany surowiec nadaje się do dalszej produkcji.

Takimi przyrządami są optyczno-elektroniczne urządzenia pomiarowe, które przy pomocy zastosowanej metody „Elsieve” mogą symulować pomiary według analiz sitowych lub areometrycznych dokładniej niż za pomocą klasycznych manualnych metod i do tego wielokrotnie szybciej. Dlaczego jest to możliwe? Dlatego, że te przyrządy mierzą w sposób automatyczny, rejestrują i obliczają wyniki bez udziału człowieka, a pierwotny pomiar jest rejestrowany na 4096 wirtualnych sitach i według tych sit sumowany jest na te kilka sit normowych. Z laboratorium wyniki pomiarów mogą być przez Internet lub firmową sieć wysłane wszędzie w postaci dokumentu elektronicznego. Do różnych frakcji materiałów mineralnych oraz oczekiwanych specjalistycznych wyników pomiarów należy używać różnych przyrządów. Wyniki z użytych przyrządów można sumować komputerowo dla uzyskania krzywej rozkładu uziarnienia od 0,5  $\mu\text{m}$  do 100 mm. Taka krzywa może być opisana za pomocą wyników według kilkudziesięciu sit.

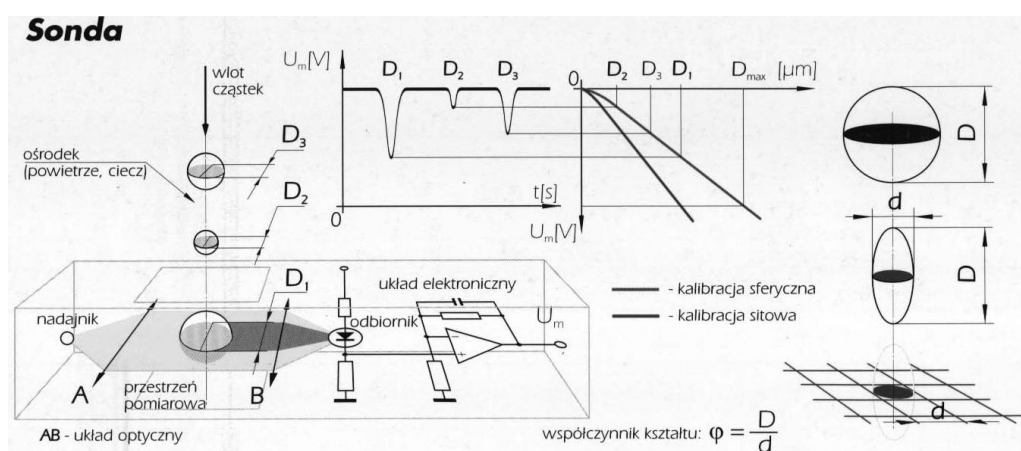
Należy podkreślić, że każdy pojedynczy analizator może zgodnie z programem komputerowym współpracować z klasycznymi metodami pomiaru wg sit mechanicznych uzupełniając wyniki z tych sit i „rozciągać” zakres pomiarowy tam gdzie nie można mierzyć sitami. Możliwa jest również sytuacja odwrotna. Przy niepełnym systemie pomiarowym (względny finansowania zakupu) optyczno-elektroniczny system przez odpowiednie oprogramowanie komputerowe może współpracować z dowolnym zestawem sit mechanicznych przejmując z tego zestawu wyniki.

Niektóre nasze analizatory są zbudowane tak, że oprócz analiz sitowych mogą trójwymiarowo skanować każde ziarno i przez to określać kształt ziaren zastępując suwmiarkę Schultza i używane sita prętowe.

Dla uzasadnienia powyższych możliwości przedstawiamy poniżej opis metody pomiarowej „Elsieve” i urządzenia wchodzące w skład systemu.

## SPOSÓB POMIARU UZIARNIENIA

Każdy typ analizatora mierzy w taki sam sposób i składa się z: czujnika cząstek, sprężarki powietrznej lub pompy wodnej albo układu dozowania, który może być w postaci głowicy ultradźwiękowej, dyfuzora aerodynamicznego lub wibrującej i pochylającej się rynny. Komputer poprzez elektroniczny blok przesyłania sygnałów rejestruje zmierzone cząstki i steruje dozowaniem. Czujniki pomiarowe od tych najmniejszych o powierzchni pomiarowej  $2 \times 6 = 12 \text{ mm}^2$  do największych  $200 \times 300 = 60\,000 \text{ mm}^2$  działają na tej samej zasadzie przedstawionej na rys. 1. i składają się ze źródła światła (1), układu optycznego formującego wiązkę światła (2), przestrzeni pomiarowej (3), układu optycznego skupiającego wiązkę światła na fotoelemencie (4) i fotoelementu z układem przedwzmacniacza (5). Gdy w przestrzeni pomiarowej (3) nie ma żadnych cząstek to na wyjściu ze wzmacniacza (5) jest napięcie stałe.



Rys. 1. Schemat czujnika do pomiaru wymiarów cząstek

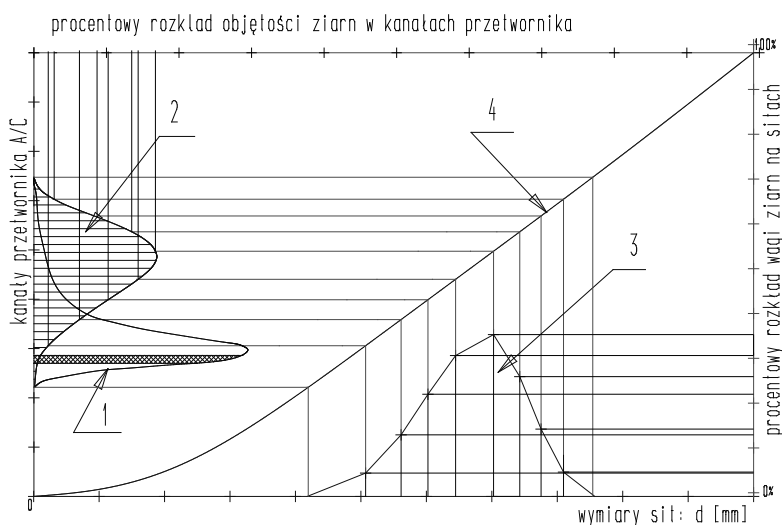
Fig. 1. Scheme of particle-size sensor

Gdy przez przestrzeń (3) przechodzą cząstki to na wyjściu ze wzmacniacza (5) znajdują się impulsy elektryczne proporcjonalne do wymiaru cząstki. Analizator może być zbudowany z jednego lub więcej czujników. Przy stosowaniu dwóch lub trzech czujników jednocześnie uzyskuje się przestrzenny obraz ziarna. Szybkość pomiaru pojedynczych ziaren może dochodzić do kilkunastu tysięcy cząstek na sekundę, zwykle określana jest przez automatykę dozowania.

## METODA „ELSIEVE”

W pamięci komputera zrobione są odpowiednie „szafy z szufladkami”. Dla pomiaru cząstek, tych szufladek jest 4096. Szufladki są kolejno ponumerowane. Każda pojedyncza zmierzona cząstka jako impuls elektryczny jest określona przez pomiar amplitudy impulsu. Rozdzielczość pomiaru dzieli się też na 4096 jednostek elektrycznych. Wynik pojedynczego pomiaru np. 1127 jednostek elektrycznych wkłada się jako jeden punkt do szufladki o numerze 1127. Po zakończonych pomiarach wszystkich cząstek sprawdza się licznosci cząstek w każdej szufladce. Jest to rozkład ilości cząstek według ich wymiarów. Przedstawione jest to na rys. 2. jako rozkład (1)

Jeśli rozkład ilościowy (1) przeliczymy na rozkład objętościowy (2) to przy stałym ciężarze właściwym ziaren mamy procentowy rozkład masy bez użycia wagi.



Rys. 2. Metoda „Elsieve”

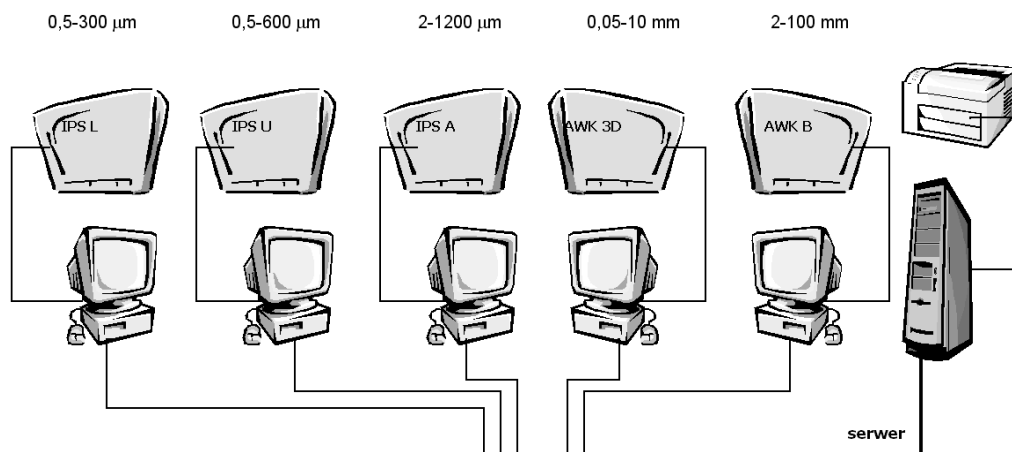
Fig. 2. “Elsieve” method

Dla biegłego technologa takie wyniki dla kontroli technologii mogłyby być wystarczające gdyby nie różne warunki normowe, które należy spełniać. Każdy surowiec ma swój kod w postaci kształtu ziarna. Często te kształty ziaren są bardzo podobne do siebie. Kształt ziarna decyduje o rozkładzie masowym na sitach mechanicznych. W analizatorze optyczno-elektronicznym wszystkie cząstki mierzy się jednakowo według maksymalnego wymiaru, który jest średnicą kuli opisanej na cząstce. Jeśli porównujemy rozkłady cząstek kulistych dla analizatora i sit to będą one takie same, ale im bardziej cząstki są wydłużone tym wyniki będą się bardziej różnić. Dlatego potrzebne jest przynajmniej jednokrotne porównanie pomiarów według analizatora, z pomiarem sitowym (3) dla danego materiału mineralnego.

Według takiego porównania można określić sitową charakterystykę (4) analizatora według której można dokładniej niż w oryginale na sitach obliczać sitowy rozkład frakcji surowców mineralnych. To jest właśnie metoda „Elsieve”.

## SYSTEM POMIAROWY

Do zbudowania systemu przedstawionego na rys. 3. wystarczy tylko jeden z analizatorów przedstawionych w tabelce 1 i zestaw sit, które użytkownik ma.



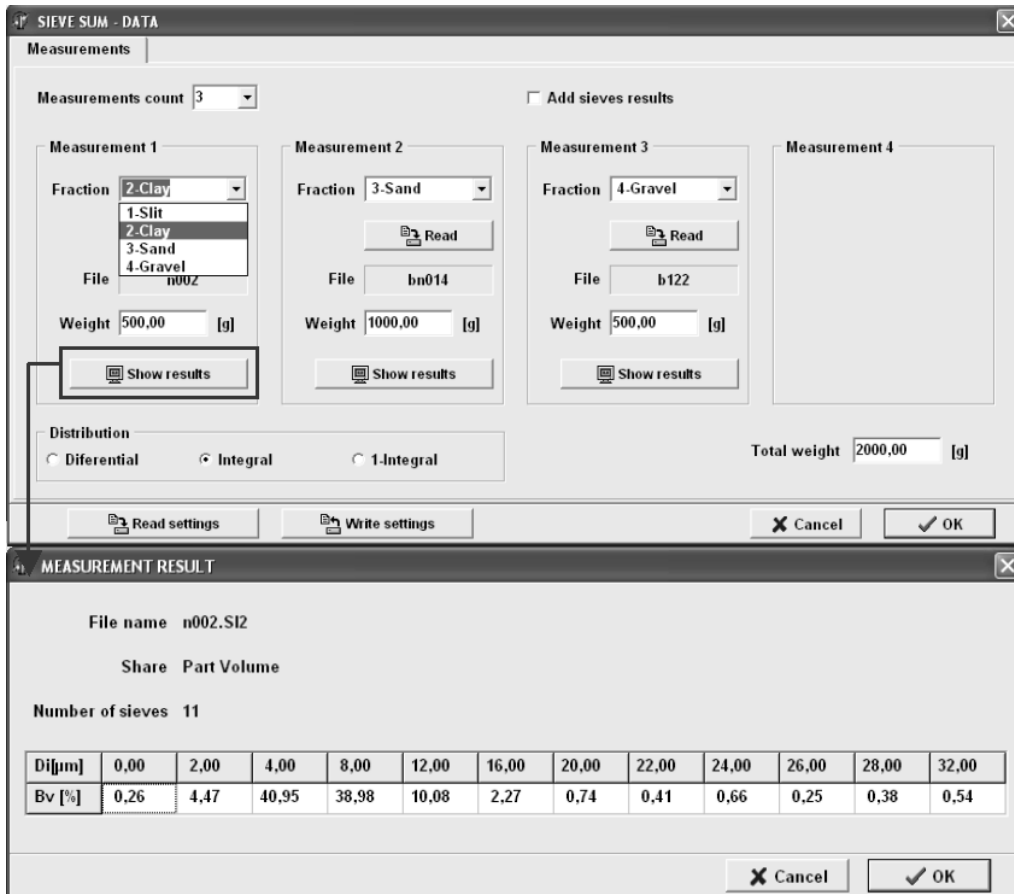
Rys. 3. Schemat systemu pomiarowego

Fig. 3. Measuring system scheme

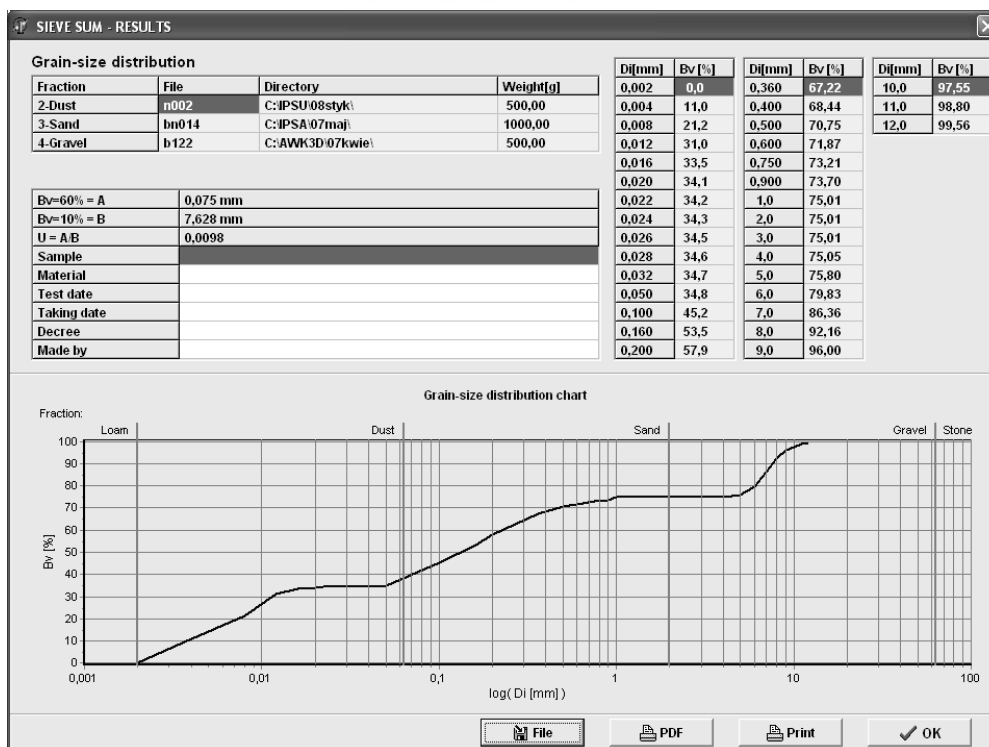
Tabela 1 Przyrządy do pomiaru uziarnienia

Nazwa przyrządu	Sposób pomiaru	Zakres pomiaru, [µm]	Zastosowanie
IPS L	na mokro	0,5 - 300	pomiar frakcji bardzo drobnej, głównie ilowej znajdującej się w gruntach spoistych
IPS U	na sucho	0,5 - 600	pomiar frakcji bardzo drobnej, głównie ilowej oraz drobnoziarnistych piasków
IPS A	na sucho	2- 1200	pomiar frakcji drobnej, głównie pyłowej oraz drobno- i średnioziarnistych piasków
AWK 3D	na sucho	0,05 - 10 mm	pomiar piasków i żwirów
AWK B	na sucho	2 - 100 mm	pomiar piasków, żwirów i kamieni (klińców i tłuczni)

Wykorzystując odpowiednie oprogramowanie przedstawione na rys. 4. można skonfigurować odpowiedni system złożony z dowolnie użytkowanych analizatorów i dodatkowych sit, który wyznaczy krzywą uziarnienia przedstawioną na rys. 5.



Rys. 4. Program Suma sit  
Fig. 4. Sieve sum program



Rys. 5. Krzywa uziarnienia

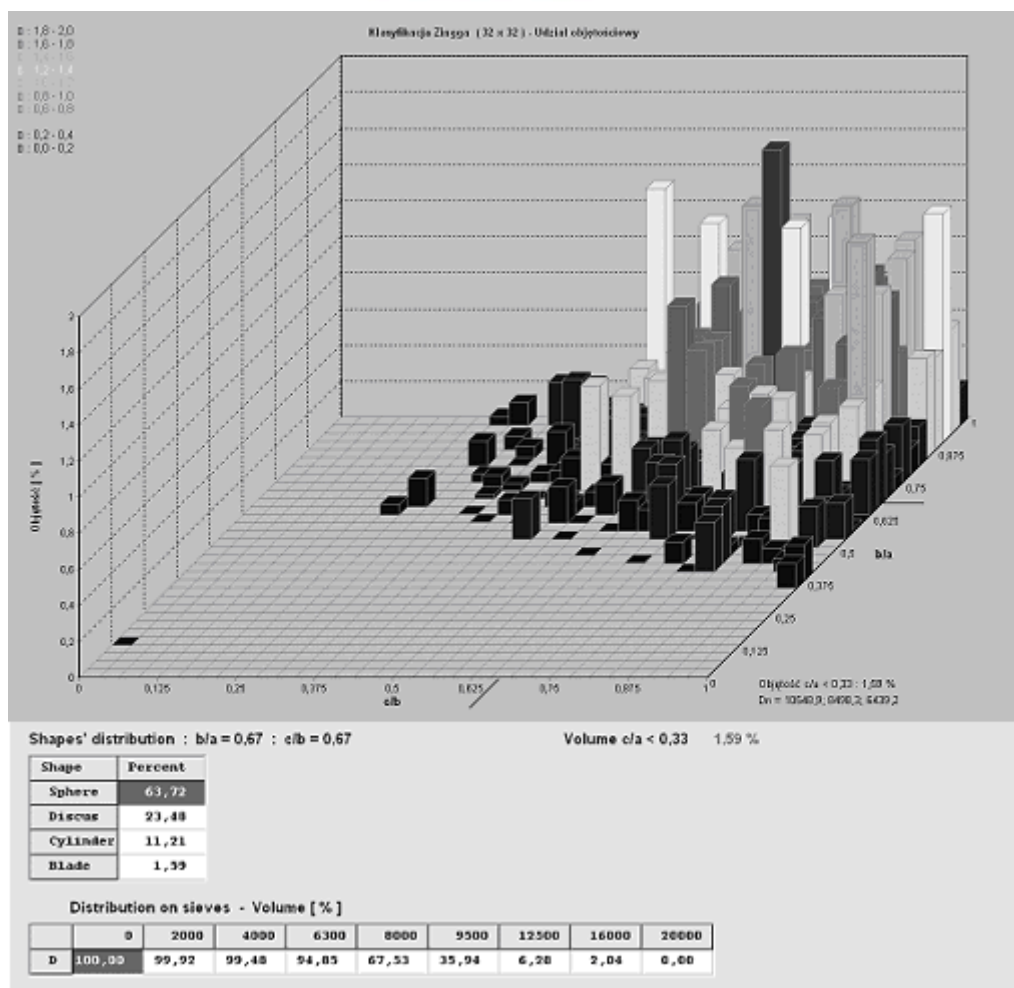
Fig. 5. Grain-size distribution

Krzywa uziarnienia może składać się maksymalnie z 45 sit. Do uzyskania jej niezbędne są jeszcze wagi wszystkich frakcji zmierzonych przez analizatory lub sita. Proporcjonalnie do wag frakcji sumuje się rozkłady uzyskane na poszczególnych analizatorach. Przedstawione powyżej metoda pomiaru wielokrotnie przyspiesza i ułatwia uzyskanie krzywej uziarnienia i może automatycznie określać zgodność surowców mineralnych z różnymi normami, np. PN-ISO 565:2000, PN-B-044181:1988, PN-EN ISO 14688-2:2006.

## DODATKOWE MOŻLIWOŚCI SYSTEMU I URZĄDZEŃ POMIAROWYCH

Z rozdzielonych różnych frakcji ziaren leżących na składowisku można zaprojektować dowolną mieszankę według obliczonej krzywej uziarnienia stosując różne proporcje wagowe tych frakcji. Każdy analizator mierzy pierwotnie na 4096 sitach, aby następnie przeliczyć na 11 dowolnych sit plus denko i tutaj nie może być błędów na pojedynczych sitach jak się to zdarza przy sitach mechanicznych, gdzie statystycznie na co szóstym sicie mechanicznym można znaleźć błąd.

Analizatory AWK 3D i AWK B są przyrządami specjalnej konstrukcji skanującymi ziarna z trzech kierunków z szybkością 500 000 razy na sekundę. Po takim skanowaniu można określić trójwymiarowy kształt cząstek. Tych kształtów o różnych proporcjach może być ponad 2 miliony. Wyniki pomiarów kształtu cząstek określone według klasyfikacji Zingga przedstawione są na rys. 6.



Rys. 6. Wynik pomiaru kształtu uziarnienia, suwmiarki Schultza i analizy sitowej.

Fig. 6. Results of grain-shape measurement, Schultz slide caliper and sieve analysis.

Wynik pomiaru  $c/a < 0,33$  równy 1,59 % określa wskaźnik kształtu, który tradycyjnie oznacza się stosując suwmiarkę Schultza. O pozostałych parametrach i wskaźnikach uziarnienia w tym artykule nie wspomina się. Jest ich wiele na przykład pomiar powierzchni właściwej zależy od składu uziarnienia. Przedstawiony system, sprawnie używany, jest dokładniejszy i szybszy od klasycznych metod pomiarowych, ponieważ wyeliminowano dużo pracy manualnej i możliwości twórcze człowieka przy powstawaniu błędów.

#### Literatura:

1. Kamiński S., Kamińska D., Porównanie optyczno-elektronicznych metod pomiaru granulacji. *Aparatura Badawcza i dydaktyczna*, 12, 2-3, Warszawa, 2007, 85-93.
2. Kamiński S., Trzeciński J., Optyczno-elektroniczny sposób określania składu granulometrycznego gruntów i możliwości zastosowania w geologii inżynierskiej, I Kongres Geologiczny, Kraków 2008



3. Kamiński S., Kamińska D., Trzciniński J., Automatyczna analiza wielkości i kształtu ziaren 3D z zastosowaniem analizatorów optyczno-elektronicznych, 11th Baltic Sea Geotechnical Conference, Gdańsk 2008.
4. Opis analizatorów IPS L, IPS UA, AWK 3D, AWK B, [www.kamika.pl](http://www.kamika.pl)