

EDYTA GROBELSKA<sup>1</sup>  
AGATA LUDYNIA<sup>2</sup>

Kielce University of Technology  
al. Tysiąclecia Państwa Polskiego 7  
25-314 Kielce, Poland

<sup>1</sup>e-mail: edytagrobelska@gmail.com

<sup>2</sup>e-mail: ludynia1@gmail.com

# THE INFLUENCE OF SAMPLE PREPARATION BY THE LASER DIFFRACTION METHOD ON THE PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF BENTONITE

## Abstract

*In this study, the effect of sample preparation on the content of clay particles was investigated. Monoionic forms of bentonite from Slovakia were used in an experimental programme. The samples were tested by laser diffraction. The analysis of the results was conducted using the Helos H 2398 SUCCEL. The preparation of samples has a significant influence on particle size distribution. The most similar results to those of the areometric analysis were obtained when tests are carried out directly after the preparation of samples by means of the Calgon disperser simultaneously with a mechanical stirrer.*

*This paper was presented at seminar for Ph.D. candidates at Kielce University of Technology.*

**Keywords:** bentonite, laser diffraction method (LDM), particle size distribution (PSD)

## 1. Introduction

The particle size (also known as granulometric) composition is a significant parameter influencing many physical properties of soils and the processes occurring in them. It is also a basis for classification of soils according to the PN-86/B-02480 standard. Currently, there are a variety of methods used to determine the percentage of individual soil fractions. The methods fall into the following groups:

1. The sieve methods:
  - a) round-aperture metal sieves, square-aperture wire mesh screens, micro-perforated sieves,
  - b) the wet-sieving analysis.
2. The gravity methods:
  - a) the flow methods (by Kopecky),
  - b) the sedimentation methods:
    - the balance methods (the Atterberg method and the pipette method),
    - the areometric method,
    - the sedimentation balance method,
    - the photo-extinction sedimentation analysis,
  - c) the centrifugation.
3. The optical methods:
  - a) direct measurement of samples under a microscope,
  - b) the laser diffraction method.

4. The X-ray diffraction methods.

5. The organoleptic tests [13].

The sieve-pipette and the areometric methods are the most frequently used methods. The Polish Standard [7] recommends the areometric method for determining the particle size composition of soils with the particle diameter of < 63 µm.

Despite the wide-range application of the methods named above, their multiple limitations, related to the measurement of tiny particles, should be kept in mind. The sieve method, for instance, cannot be employed to determine the particle size composition of cohesive soils due to lack of sieves with apertures < 63 µm in size. The sedimentation methods are based on Stokes' law, which assumes the spherical form of particles and their uniform density [13]. Therefore, they are not capable of rendering the real size of the soil particles. The < 0.005 mm clay particles are known [14] to have the form of plates and flakes, not the wrongly assumed spherical shape. Moreover, the accuracy of the areometer measurement can sometimes be distorted by the occurrence of minor amount of organic matter in the soil.

The recent technological advancement has allowed the increased application of the laser diffraction method

to the determination of the particle size composition of materials. Since the method is grounded in different principles and calculations, it does not give results comparable with those of the sedimentation methods. Nevertheless, it has been widely considered as innovative [13, 7]. In this paper a laser diffractometer employing the Mie theory-based model has been selected for the investigation. The diffractometer can be used for light scattering on irregularly-shaped particles unlike the simple Fraunhofer model, which makes the method precise. It should be pointed out that over the last 15 years, a number of manufacturers including Beckman-Coulter, Malvern, Microtrac, Fritsch, Retach, Horiba, Cilas and Helos have been developing laser diffractometry. This has enabled the particle size analysis in a wide range of particle dimensions [9]. The application of the laser method to the assessment of the particle size composition of materials is becoming increasingly common. The authors of the paper [6] recommend that the clay fraction be determined by the laser method through calculation of the Skempton parameter [7].

The experiments were conducted on bentonite due to its characteristic properties. Bentonite is a clay soil which contains the minimum montmorillonite content of 75%. Scientists derive the origin of bentonite from the decomposition of volcanic ash and dust settled at the sea bed in an alkaline environment. Rarely occurring in pure form, bentonite is usually accompanied by other clay minerals such as kaolinite and illite [1, 2], which are highly water-absorptive and swelling minerals. With such properties, they find application in the petroleum, chemical and food industries.

It is noteworthy that the use of bentonites in industry and environmental engineering is increasing year by year. One of their fundamental applications is the stabilization of boreholes and deep trenches. They are also employed as stabilizing and softening agents as well as absorbents [3]. In recent years, bentonites have been proposed as a buffer in nuclear waste repositories [4] due to their unique expanding properties and high adsorptive potential for water. In addition, they are used for the removal of toxic chemicals from the environment, the reduction of contamination spread in soil, water and air as well as, typically, in the sealing of landfills [5].

As mentioned above, bentonites are employed in many branches of industry. The investigation into their composition is a fundamental issue in many engineering solutions. However, it should be stated that regardless of the selected method of investigation, there is a variety of factors influencing the measurements. The method of

sample preparation is one of them. The paper presents various techniques of sample preparation for the analysis of the particle size composition of bentonite by the laser method. The results were compared with the areometric method, which is a standard practice in the soil classification studies. Still, it should be emphasised that with its significant simplifying assumptions, the areometric method does not render the real grain-size distribution of soils. Therefore, the results obtained by means of the laser method can show better agreement with the real particle size.

## 2. The methodology of the investigation

The HELOS H2398 SUCELL laser was used to investigate the particle size composition of bentonite.

Two lasers, blue and red, are the source of light in the apparatus. Their individual configuration ensures coverage of a wide range of particle size. A system of two detectors enables measurement within the range of 0.1 – 87.50  $\mu\text{m}$ .

Prior to the test, the sample material is mechanically (magnetic stirrer) and chemically (Calgon) dispersed in distilled water. Before the measurement is conducted, 10 ml of the sample material is with a laser beam. The size of the particles is calculated from the measurement treated with ultrasounds in order to remove possible aggregates. The prepared liquid together with the suspended matter flows through a measuring cell, where it is scanned of the laser beam diffraction field generated on the particles, and is read out from the diagram produced by the detector. The detector consists of a set of individual sensors, each of which collects scattered light from a certain angle range. The row of detector sensors takes ‘a shot’ of the light scattered on the particles going through the laser beam. An average measurement takes approximately 12 seconds, during which the angles of particle reflection in the cell are registered 1000 times per second. The number of measurements taken makes the overall sample analysis statistically significant. Despite that, the procedure is carried out at least three times. One shot only would not be representative of the sample as a whole, therefore the apparatus takes many shots and an arithmetic mean of the results is calculated.

As demonstrated above, the laser analysis has many advantages:

- 1) it is a quick method with high reproducibility,
- 2) a minor amount of sample material is required,
- 3) results are produced directly in a digital format,
- 4) the software enables the operator to observe the process in real time.

### 3. The description of the object of the investigation

The investigation into the particle size composition was carried out on a monoionic form of bentonite ( $B^- Na^+$ ). Ca-montmorillonit, the initial material, was delivered from an open pit in Jelšovský Potok, Slovakia. Bentonites from Slovakia have been imported to Poland for many years. Up to 77% of the mineral comes from Jelšovský Potok [12]. Nowadays, the pit is considered one of the largest and most abundant deposits of bentonite in Central Europe. It is also one of the purest beds. The crude mineral in the best part of the deposit contains 50-85% of the smectite-group minerals (Ca-montmorillonit mainly) as well as the  $SiO_2$  group minerals (quartz and cristobalite) and accessory minerals like feldspar, biotite, barite and goethite [12]. Bentonite from the deposit in Jelšovský Potok is one of the products of intense chemical weathering of rhyolitic tuffs, created as a result of the Tertiary volcanic activity in central Slovakia. The deposit is situated at the north-western boundary of the Kremnické foothills.

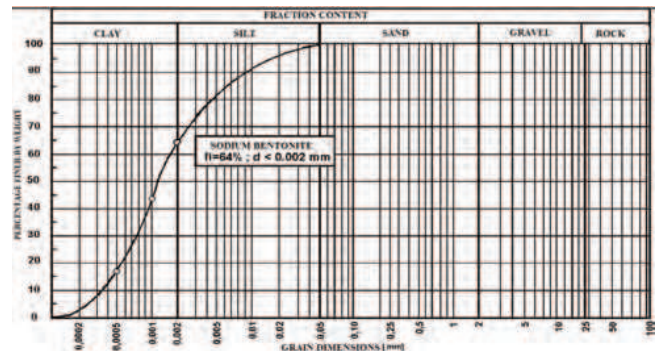
Ca-montmorillonit from Jelšovský Potok was subjected to ionic exchange. The monoionic soda form was obtained by multiple saturation of the fraction  $< 63 \mu m$  and the removal of the substances dissolved by means of diffusion. Then bentonite was dried at room temperature and stored in an air-tight container until the tests. The detailed preparation procedure can be found in [15].

The soil properties after the exchange are as in Table 1:

The tests were conducted in compliance with the Polish Standard [7] according to the method presented in the above Table 1.

**Table 1.** Properties of the monoionic form of bentonite

| PROPERTIES                 | PERCENT | METHOD   |
|----------------------------|---------|--|
| clay fraction content      | 64%     | aerometric method                                  |
| liquid limits $w_L$        | 314%    | Casagrande method                                  |
| plasticity parameter $I_p$ | 267%    | $I_p = w_L - w_p$                                  |
| Skempton's activity A      | 4.17%   | clay fraction by aerometric method                 |
| Skempton's activity A      | 6.64%   | clay fraction by laser method when $f_i = 40,19\%$ |
| moisture content           | 12%     | dry method   |
| montmorillonite content    | min 75% | water vapour sorption (WST) [17]                   |



### 4. Results

A sample was prepared 48 hours prior to the experiment. Distilled water was added to a dry soil specimen so as to obtain a plastic paste. The sample was prepared earlier, because the tested bentonite requires longer saturation time due to its structure.

### 5. Conclusions

1. Sample preparation significantly influences the results of the investigation of the particle size content.
2. In every case, the clay fraction content determined by means of the laser method was lower than the content determined by the areometric method.
3. The result nearing that of the areometric method was produced for the sample prepared and tested on the same day, with liquid limit, by using a mechanical stirrer.
4. Further investigation is required. Apart from the proper sample preparation, there is a variety of factors influencing the precise determination of the particle size composition of bentonite by both the laser method, i.e. exposition length to ultrasounds, and the aerometric method (eg.: correct adoption of density  $\rho_s$ ).
5. Obtaining the maximum convergence of the results from the laser and the areometric methods is of practical significance due to the fact that the areometric method is still considered a standard in soil classification. It is not unlikely, however, that with all the simplifying assumptions the areometric method relies on, the results obtained by the laser method reflect the real particle size distribution.

The paper is co-financed with the European Union resources within the European Social Fund, project: *The Development Programme of the Teaching Potential of the Kielce University of Technology – education for success*, the Human Capital Operational Programme, Agreement no. UDA-POKL.04.01.01-00-175/08-00.

**Table 2.** Experiment plan

| Mechanical stirring, sample prepared and tested on the same day, liquid limit              |   |                                       |
|--|---|---------------------------------------|
|  | Description:  | Results:                              |
| 1.   | 1. 12 g of paste + 200 ml of water + 5 ml of dispersant + mechanical stirrer 5 minutes  | $f_l = 40.19\%$<br>$f_{II} = 59.81\%$ |
|  | 2. Test repeated after 48 h   | $f_l = 31.68\%$<br>$f_{II} = 68.32\%$ |
|  | 3. 10 g of undisturbed dry soil + 200 ml of water + 5 ml of dispersant + mechanical stirrer 5 min (see point 1; except for undisturbed dry soil sample – obviously, different weight due to heavier basis weight of paste)  | $f_l = 38.38\%$<br>$f_{II} = 61.62\%$ |
|  | 4. Test repeated after 48 h   | $f_l = 29.89\%$<br>$f_{II} = 70.11\%$ |
|  | 5. 10 g of undisturbed dry soil + 200 ml of water + 20 ml of dispersant + mechanical stirrer 5 minutes (see point 3; except for more dispersant – increased amount of dispersant does not induce better results)  | $f_l = 33.43\%$<br>$f_{II} = 66.57\%$ |
|  | 6. Test repeated after 48 h   | $f_l = 30.41\%$<br>$f_{II} = 69.59\%$ |
| Observations:  | Tests after 48 hours indicate a lower clay fraction content.  |                                       |
| Manual mixing, sample tested on the next day after preparation, liquid limit               |   |                                       |
|  | Description:  | Results:                              |
| 2.   | 1. 10 g of paste soaked in 200 ml of water + 5 ml of dispersant – after 48 hours mixed manually (no equivalent for manual mixing on the same day as nodules appear)   | $f_l = 26.56\%$<br>$f_{II} = 73.44\%$ |
|  | 2. 10 g in undisturbed dry soil + 200 ml of water + 10 ml of dispersant – after 48 hours mixed manually (conclusion can be drawn that manual mixing produces lower results than mechanical stirring)  | $f_l = 28.92\%$<br>$f_{II} = 71.08\%$ |
| Observations:  | Comparing the results obtained with different amounts of dispersant, it was observed that the increase of dispersant in pastes in the first 24 hours of the test produced better results in the first 24 hours and worse in the next 24 hours. In suspensions, the results after the first 24 hours were worse than after the next 24 hours (this could be related to the time needed for the reaction) |                                       |
| Manual mixing, sample tested on the same day after preparation, liquid/ soft-plastic limit |   |                                       |
|  | Description:  | Results:                              |
| 3.   | 1. 5 g of paste + several ml of water + 1 ml of dispersant  | $f_l = 33.33\%$<br>$f_{II} = 66.67\%$ |
|  | 2. Test repeated after 48 h   | $f_l = 29.63\%$<br>$f_{II} = 70.37\%$ |
|  | 3. 4.5 g of undisturbed dry soil + several ml of water + 1.5 ml of dispersant   | $f_l = 36.29\%$<br>$f_{II} = 63.71\%$ |
|  | 4. Test repeated after 48 h   | $f_l = 28.78\%$<br>$f_{II} = 71.22\%$ |

## References

- [1] Grabowska-Olszewska B.: *The Influence of Sorptive Properties of Selected Types of Cohesive Soil on Their Hydrophilicity*. (in Polish) Biul. Geol. UW, No. 10, 1968.
- [2] Grabowska-Olszewska B., Siergiejew J.M. (ed.): *Soil Science*. (in Polish) Wyd. Geol., Warszawa.
- [3] Yang Tao., Xiao-Dong Wen., Junfen Li., Liming Yang.: *Theoretical and Experimental Investigations on the Structures of Purified Clay and Acid-activated Clay*. Applied Surface Science, No. 252, pp. 6154-6161, 2006.
- [4] Montes G., Duplay J., Martinem L., Mendoza C.: *Swelling-shrinkage Kinetics of MX80 Bentonite*. Applied Clay Science, No. 22, pp. 279-293, 2003.

- [5] Bergaya F., Lagaly G.: *Surface Modification of Clay Minerals*. Applied Clay Science, No. 19, pp. 1-30, 2001
- [6] Cichy W., Bryk J.: *Natural Soil Sealing with Bentonite. Seminar Materials – The Geotechnical Aspects of Waste Storage*. (in Polish) Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 1994.
- [7] PN-88/B-04481 *Building Lands. Soil Sample Testing*. (in Polish).
- [8] Myślińska E. *Laboratory Soil Investigations*. (in Polish) Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1992.
- [9] Ryżak M., Bieganski A., Walczak R.T.: *Application of laser diffraction method for determination of particle size distribution of grey-brown podzolic soil*. Research in Agricultural Engineering, 53, pp. 34-38, 2007.
- [10] Grabowska-Olszewska B.: *The Investigation into Microstructures and Porous Space by Using the Electron Scanning Microscope* (in Polish), in: The Methods of Investigation into Cohesive Soils, Grabowska-Olszewska (red.). Wydawnictwa Geologiczne – Warszawa, pp. 7-21, 1990.
- [11] Bolewski A., Budkiewicz M., Wyszomirski P.: *Ceramic Materials*. (in Polish) Wydawnictwo Geologiczne – Warszawa, 1991.
- [12] Kraus I., Kuzvart M.: *Deposits of Non-metallic Raw Materials*. Nakład SNTL, Praha 1987.
- [13] Ryżak M. Walczak R.T., Niewczas J.: *The Comparison of Particle Size Distribution of Soil Particles by the Laser Method and the Sedimentation Method*. (in Polish) Acta Agrophysica, 2004, No. 4(2), pp. 509-518.
- [14] Korabiewski B.: *Materials for the Second Year Students II of Geography*. Soil Science – Laboratory Exercises. (in Polish), No. 8, Wrocław 2011, pp. 1-31.
- [15] Kozłowski T.: *The Phase Composition of Water in Cohesive Soils below 0°C* (in Polish), Politechnika Świętokrzyska, Kielce 1997.
- [16] Stępkowska E.: *The Physical-chemical Properties of Clay Minerals*. (in Polish), In: The Problems of Physical Chemistry and Soil Dynamics (in Polish), Wyd. PAN, Wrocław 1973.

Edyta Grobelska  
Agata Ludynia

## Wpływ preparatyki próbek na rozkład granulometryczny cząstek bentonitu metodą dyfrakcji laserowej

### 1. Wprowadzenie

Skład granulometryczny to istotny parametr wpływający na wiele fizycznych właściwości gruntów i procesów w nich zachodzących. Stanowi również podstawę ogólnej klasyfikacji gruntów według normy PN-86/B-02480. Obecnie istnieje szereg metod mających na celu określenie procentowej zawartości poszczególnych frakcji gruntu. Wyróżnia się kilka grup metod:

#### 1. Sitowe:

- sita metalowe z okrągłymi oczkami, sita siatkowe z kwadratowymi oczkami, sita mikroperforowane,
- analiza sitowa na mokro;

#### 2. Grawitacyjne:

- przepływowe (Kopeckiego)
- sedymentacyjne:
  - wagowe: Atterberga, pipetowa,
  - areometryczna,

- wagi sedymentacyjnej,
- badania fotoekstynkcyjnej zawiesiny;

#### c) odwirowywania.

#### 3. Optyczne:

- bezpośredni pomiar składników pod mikroskopem,
- dyfrakcji laserowej;

#### 4. Rentgenograficzne.

#### 5. Organoleptyczne [13].

Do najczęściej stosowanych należą metody sitowo-pipetowa i areometryczna. Polska Norma [7] do oceny składu granulometrycznego gruntów o średnicy cząstek < 63 µm zaleca metodę areometryczną.

Mimo szerokiego zastosowania powyższych metod należy pamiętać, iż napotykają one na liczne ograniczenia, szczególnie przy pomiarze bardzo małych cząstek. Metoda sitowa ze względu na brak sit o wymiarach oczek < 63 µm nie nadaje się do oceny skła-

du granulometrycznego gruntów spoistych. Z kolei metody sedymentacyjne oparte są na prawie Stokesa, które zakłada kulistość cząstek i ich jednakową gęstość [13]. Nie pozwala to na uchwycenie rzeczywistych wymiarów cząstek gruntowych. Jak wiadomo [14], cząstki minerałów ilastych  $< 0,005$  mm mają postać płytek i blaszek, a nie, jak założono – sfery. Dodatkowo dokładność odczytów na areometrze może czasem utrudniać występowanie w gruncie nawet niewielkich ilości części organicznych [8].

Dzięki postępowi technologicznemu ostatnich kilkunastu lat coraz częściej używaną metodą do oceny składu granulometrycznego stała się dyfrakcja laserowa. Nie jest to metoda dająca porównywalne wyniki z metodami sedymentacyjnymi, gdyż opiera się na innych zasadach i przeliczeniach, ale przez wielu uważana jest za innowacyjną [13, 7]. W niniejszej pracy do badań wykorzystano dyfraktometr laserowy, którego zasada działania opiera się na modelu Mie. Może on być używany dla rozpraszania na cząstkach o nieregularnym kształcie w przeciwieństwie do prostego modelu Fraunhofera, dzięki czemu metoda staje się bardziej precyzyjna. Warto wspomnieć, iż od 15 lat dyfraktometria laserowa jest ciągle ulepszana przez kilku producentów, wliczając w to Beckman-Coulter, Malvern, Microtrac, Fritsch, Retach, Horiba, Cilas i Helos, którzy urozmaicają pod względem rozpiętości wielkości i różnorodności ziaren, które mogą być zanalizowane [9]. Zastosowanie metody laserowej do oceny składu granulometrycznego jest coraz bardziej powszechne. Autorzy opracowania [6] uważają, że frakcję ilową najlepiej określać za pomocą oznaczenia współczynnika Skemptona metodą laserową [7].

Ze względu na szczególne właściwości, eksperymentom poddano bentonit. Jest to skała ilasta, która zawiera nie mniej niż 75% montmorillonitu. Według naukowców bentonit powstał w wyniku rozkładu popiołów i pyłów wulkanicznych osadzonych na dnie mórz w środowisku alkalicznym. Zwykle nie występuje w czystej postaci. Towarzyszą mu inne minerały ilaste, np.: kaolinit, illit [1,2]. Są to minerały odznaczające się dużą zdolnością pochłaniania wody, czemu towarzyszy pęcznienie. Ze względu na silne właściwości adsorpcyjne, znajdują one zastosowanie w przemyśle naftowym, chemicznym i spożywczym.

Warto wspomnieć, że wykorzystanie bentonitów przez przemysł i inżynierię środowiska wzrasta z roku na rok. Jednym z ich podstawowych zastosowań jest użycie do stabilizacji otworów wiertniczych i głębokich wykopów. Używane są również jako

środki stabilizujące, absorbenty i plastyfikatory [3]. W ostatnich latach bentonity, dzięki swoim szczególnym właściwościom ekspansywnym i wysokim potencjałom adsorpcyjnym dla wody, są proponowane do budowy barier ochronnych przy przechowywaniu odpadów radioaktywnych [4]. Ponadto mają zastosowanie przy usuwaniu toksycznych związków chemicznych ze środowiska, przy redukowaniu stopnia rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w glebie, wodzie i powietrzu, a także typowo do uszczelniania składowisk [5].

Bentonity wykorzystywane są w wielu dziedzinach przemysłu. Poznanie ich składu jest kwestią szczególnej wagi dla wielu rozwiązań inżynierskich. Należy jednak zaznaczyć, że poza wyborem odpowiedniej metody badawczej istnieje szereg czynników wpływających na wyniki pomiarów. Jednym z nich jest sposób przygotowania próbki do analizy. W pracy przedstawiono różne sposoby preparatyki próbek do analizy składu granulometrycznego bentonitu metodą laserową. Wyniki odniesiono do metody areometrycznej, stanowiącej standard przy badaniach klasyfikacyjnych gruntów. Należy jednak podkreślić, że wobec poważnych założeń upraszczających, metoda areometryczna nie podaje „rzeczywistego” rozkładu uziarnienia gruntu i to właśnie wyniki uzyskiwane przy użyciu metod laserowych mogą być bardziej zgodne z wymiarami realnych cząstek.

## 2. Metodyka badań

Do badań składu granulometrycznego bentonitu użyto lasera HELOS H 2398 SUCELL.

Źródłem światła w aparacie są dwa lasery: niebieski i czerwony, tak dobrane aby zapewnić pokrycie jak największego zakresu wielkości cząstek. W połączeniu z systemem dwóch detektorów umożliwia to pomiar w przedziale  $0,1 - 87,50 \mu\text{m}$ .

Przed analizą materiał poddaje się dyspersji mechanicznej (mieszadło magnetyczne) i chemicznej (Kolgen) w wodzie destylowanej. Przed samym pomiarem, w celu usunięcia możliwych agregatów, próbkę w ilości około 10 ml poddaje się działaniu ultradźwięków. Tak przygotowany płyn wraz z zawieszonym materiałem przepływa przez celę pomiarową, gdzie skanowany jest przez wiązkę laserową. Rozmiar cząstek jest obliczany z wyniku pomiaru pola dyfrakcji wiązki laserowej powstającej na cząstkach, a odczytywany na powierzchni detektora. Detektor składa się z wielu osobnych czujników, z których każdy zbiera rozproszone światło z pewnego zakresu kątów. Szereg detektora robi „ujęcie” światła

rozproszonego na cząstkach przechodzących akurat przez wiązkę laserową. Przeciętny pomiar trwa ok. 12 sekund, podczas których kąty odbicia cząstek w celi rejestrowane są 1000 razy na sekundę. Taka ilość uzyskanych wyników umożliwia statystycznie istotną analizę próbki jako całości. Pomimo to, procedura wykonywana jest co najmniej trzykrotnie. Zrobienie tylko jednego ujęcia nie byłoby reprezentatywne dla całej próbki, dlatego aparat robi wiele ujęć i wyciąga średnią z wyników.

Jak widać z powyższego, analiza laserowa ma wiele zalet:

1. Jest metodą szybką i ma dobrą odtwarzalność.
2. Wystarczą niewielkie ilości materiału demonstracyjnego.
3. Rezultaty są uzyskiwane bezpośrednio w formacie cyfrowym.
4. Oprogramowanie umożliwia ponadto operatorowi śledzenie procesu w czasie rzeczywistym.

### 3. Przedstawienie obiektu badań

Badania składu granulometrycznego prowadzono na monojonowej formie bentonitu ( $B^- Na^+$ ). Materiał wyjściowy stanowił Ca-montmorillonit pochodzący z kopalni Jelšovy Potok na Słowacji. Bentonity ze Słowacji od wielu lat stanowią przedmiot importu do Polski, w tym nawet do 77% kopaliny pochodzi z Jelšovego Potoku [12]. Obecnie kopalnia uznawana jest za jedno z najcenniejszych i największych złóż bentonitu w Europie Środkowej. Odznacza się równocześnie najwyższą czystością. Kopalina w stanie surowym w najlepszej partii złoża zawiera 50–85% minerałów grupy smektytu (głównie Ca-montmorillonit), a ponadto minerały grupy  $SiO_2$  (kwarc, także cristobalit) oraz akcesorycznie skałen, biotyt, baryt i goethyt [12]. Bentonit z tego złoża stanowi jeden z produktów intensywnego wietrzenia chemicznego tufów ryolitowych, powstałych w rezultacie trzeciorzędowej aktywności wulkanicznej w środkowej Słowacji. Złoże jest usytuowane w północno – zachodnim obrzeżeniu pogórza Kremnickiego.

Ca-montmorillonit z Jelšovego Potoku poddano wymianie jonowej. Monojonową formę sodową otrzymano przez wielokrotne nasycanie frakcji < 63  $\mu m$  i usunięcie substancji rozpuszczonych za pomocą dyfuzji. Bentonit następnie był suszony w temperaturze pokojowej i przetrzymywany do czasu badań

w szczelnym pojemniku. Szczegółowa preparatykę można znaleźć w pracy [15].

Właściwości gruntu po wymianie przedstawiono w tabeli 1.

### 4. Wyniki badań

Eksperyment zaczęto od przygotowania próbki 48 h wcześniej. Suchy grunt zalano wodą destylowaną tak, aby był w konsystencji plastycznej pasty. Próbkę zalano 48 h wcześniej, ponieważ badaniu poddawany jest bentonit, który ze względu na swoją strukturę, potrzebuje dłuższego czasu aby w pełni się nasycił.

### 5. Wnioski

1. Preparatyka próbek ma znaczący wpływ na wyniki badania składu granulometrycznego.
2. W każdym przypadku zawartość frakcji ilowej określona metodą laserową była niższa od zawartości określonej metodą areometryczną.
3. Wynik najbardziej zbliżony do metody areometrycznej uzyskano dla próbki przygotowanej i badanej tego samego dnia, w konsystencji płynnej, przy użyciu mieszadła mechanicznego.
4. Badania wymagają kontynuacji, bo poza odpowiednim przygotowaniem próbki istnieje jeszcze szereg czynników mających wpływ na precyzyjne określenie składu granulometrycznego zarówno metodą laserową (np. czas ekspozycji na działanie ultradźwięków) jak i areometryczną (np. prawidłowe przyjęcie gęstości właściwej).
5. Dążność do uzyskania maksymalnej zbieżności wyników między metodami laserową i areometryczną ma znaczenie praktyczne, ponieważ ta ostatnia metoda uznawana jest nadal za standard przy klasyfikacji gruntów. Niewykluczone jednak, że wobec znanych założeń upraszczających stosowanych przy metodzie areometrycznej, to właśnie wyniki uzyskiwane metodą laserową lepiej odzwierciedlają rzeczywisty rozkład uziarnienia gruntu.

Autorki niniejszej pracy pobierają stypendium współfinansowane przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego projekt pt. „Program Rozwojowy Potencjału Dydaktycznego Politechniki Świętokrzyskiej w Kielcach – kształcenie na miarę sukcesu” Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Umowa nr UDA-POKL.04.01.01-00-175/08-00.