BIULETYN PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO 429: 23–26, 2008 R.

WYKORZYSTANIE SYSTEMU SKANUJąCEGO QUARRYMAN W GEOTECHNICZNEJ OCENIE ZŁÓŻ SUROWCÓW SKALNYCH ORAZ W OPRACOWYWANIU TECHNOLOGII URABIANIA

GEOTECHNICAL ROCK DEPOSITS VALUATION AND SETTING OF MINING TECHNOLOGY USING TERRESTRIAL LASER SYSTEM

Maria BRYCH[1], ARKADIUSZ GRZEŚKOWIAK[1]

Abstrakt. W pracy przedstawiono dwa projekty badawczo-wdrożeniowe z wykorzystaniem laserowego systemu skanującego. Badania zostały przeprowadzone w warunkach kopalnianych i na zlecenie inwestora: projekt dotyczący oceny geotechnicznej skarp i przeznaczenia złoża oraz projekt wspomagający ustalenie technologii urabiania kopaliny. Podano schemat prowadzenia pomiarów w wyrobisku kopalni w zależności od pożądanych efektów. Omówiono procedurę przetwarzania uzyskanych danych pomiarowych wraz z przykładowymi wizualizacjami i ich konkretnym zastosowaniem w innych aplikacjach komputerowych.

Słowa kluczowe: naziemny system skanujący (TLS), skanowanie laserowe, geologia, geotechnika, górnictwo.

Abstract. The aim of this paper is to describe the laser scanning system. The presented research has been carried out in a mining area. The main goals of the projects were geotechnical assessment of escarpment and destiny of rock deposits and setting of mining technology. It has been shown how to take measurements according to expectations. The procedure of data processing and model visualization has also been discussed.

Key words: terrestrial laser system (TLS), rock face scanning, geology, geotechnics, mining.

WSTĘP

Od lat 90. obserwuje się intensywny rozwój technologii pomiarowych związanych z uzyskiwaniem wizualizacji przestrzennych. Systemy skanujące stają się coraz bardziej dostępne i przyjazne użytkownikowi, udoskonalone oprogramowanie umożliwia wykorzystanie pozyskanych danych pomiarowych w coraz szerszym aspekcie. Jedyną przeszkodą w efektywnym użytkowaniu i adaptacji aparatury do celów geologicznych zdaje się być dobranie lub stworzenie takiej aplikacji komputerowej, która spełniałaby oczekiwania użytkownika.

Korzyścią ze stosowania skanera laserowego w przypadku pomiarów geologiczno-górniczych jest m.in. bezpośredni pomiar odległości i nachylenia powierzchni jak w konwencjonalnych przyrządach pomiarowych, przy wyeliminowaniu konieczności przerywania prac górniczych na czas pomiaru, oraz zachowanie bezpieczeństwa użytkownika przy pomiarze rejonów niebezpiecznych i trudno dostępnych. Dołączone do aparatury pomiarowej oprogramowanie pozwala na dalsze przetwarzanie uzyskanych danych: wizualizację przestrzenną scaloną z cyfrową dokumentacją fotograficzną, tworzenie przekrojów w dowolnym miejscu uzyskanego modelu 3D, pomiar powierzchni i objętości. Nakładanie obrazów z różnych pomiarów pozwala na analizę zmian zachodzących na danym terenie. Możliwość zapisu punktów i linii w formacie dxf umożliwia dalszą obróbkę materiału badawczego w programach do projektowania przestrzennego i dwuwymiarowego.

[1] „Poltegor-Instytut" Instytut Górnictwa Odkrywkowego, ul. Parkowa 25, 51-516 Wrocław; maria.brych@igo.wroc.pl; arek@igo.wroc.pl

WYKONANE PROJEKTY

W związku z zakupieniem przez Poltegor-Instytut systemu skanującego typu Quarryman ALS (Autoscanning Laser System) firmy Measurement Devices Ltd (fig. 1), przeprowadzono dwa projekty prezentujące możliwości wykorzystania danych w geotechnicznej ocenie złóż oraz w projektowaniu technologii urabiania kopaliny. Przedmiotem badania były wyrobiska Kopalni Granitu „Strzelin" oraz prace wydobywcze w Kopalni Bazaltu „Gronowskie Wzgórza".

Fig. 1. Skaner laserowy na stanowisku pomiarowym

TLS at the quarry site

PROJEKT „STRZELIN" – OCENA ZŁÓ SUROWCÓW SKALNYCH

W związku z planowanym pogłębieniem eksploatacji oraz rozszerzeniem jej zasięgu, niezbędna była analiza geotechniczna stateczności skarp. Punkt usytuowania aparatury badawczej został obrany tak, aby zakres pomiaru obejmował jak największą powierzchnię wyrobiska (fig. 2). Metodyka pomiaru obejmowała skanowanie skarp oraz wykreślenie granic pomiędzy nadkładem, warstwą przeznaczoną na urabianie na kruszywo i częścią bloczną złoża. Uzyskane dane zostały przetworzone w programie ModelAce, stworzonym przez firmę MDL do analiz górniczych, wg następującej procedury:

– usunięcie błędnych punktów pomiarowych (punktów poza zakresem badań oraz powstałych poprzez odbicie lasera od obiektów ruchomych – pracowników kopalni, maszyny), triangulacja powierzchni;

– nałożenie tekstury – wizualizacja 3D w celu uzyskania rzeczywistego obrazu przestrzennego wyrobiska kopalni (fig. 3);

– tworzenie przekrojów zboczy w wybranych miejscach trójwymiarowego obrazu wyrobiska, szacowanie objętości

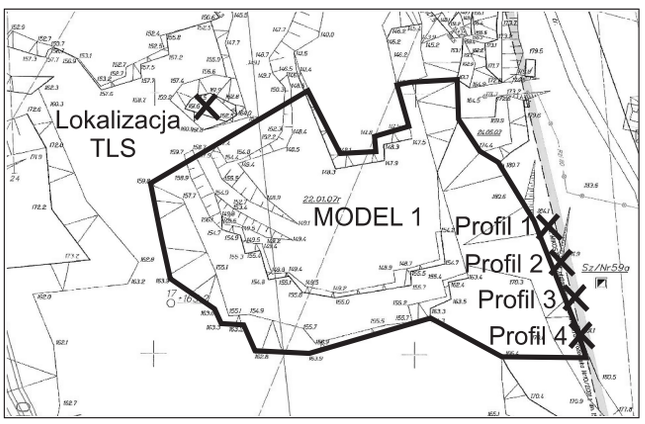

Fig. 2. Lokalizacja naziemnego skanera laserowego w wyrobisku kopalni „Strzelin", zakres pomiaru

Localization of terrestrial laser system at the "Strzelin" Quarry, the 3D model range

nadkładu oraz zasobów w warstwie kruszywowej i blocznej, szacowanie wielkości zabierek – z uwzględnieniem rzeczywistego kształtu zbocza.

Dostarczone profile zboczy (fig. 4) posłużyły jako podstawa analizy stateczności zbocza wg metody obliczeniowej Felleniusa, Bishopa i Janbu przy wykorzystaniu programu SLOPE V8 firmy GEOSTRU (Włochy) (fig. 5). Uzyskanie wielu przekrojów pokazujących rzeczywisty kształt zbocza byłby niemożliwy przy zastosowaniu tradycyjnych metod pomiarowych. Tymczasem użycie naziemnego systemu laserowego sprowadza pomiar do ustawienia aparatury w dogodnym miejscu w wyrobisku, nie kolidującym z codziennym ruchem w zakładzie górniczym. Wybór miejsca przekroju oraz jego wygenerowanie odbywa się przy komputerze osobistym, zaopatrzonym w odpowiednie oprogramowanie.

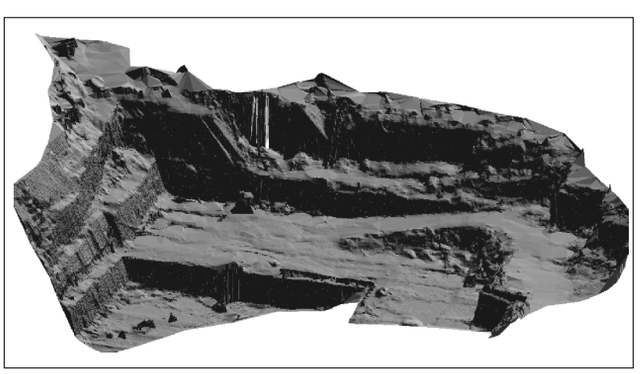

Fig. 3. Projekt „Strzelin", model przestrzenny części wyrobiska

"Strzelin" Project, 3D model of the mining area

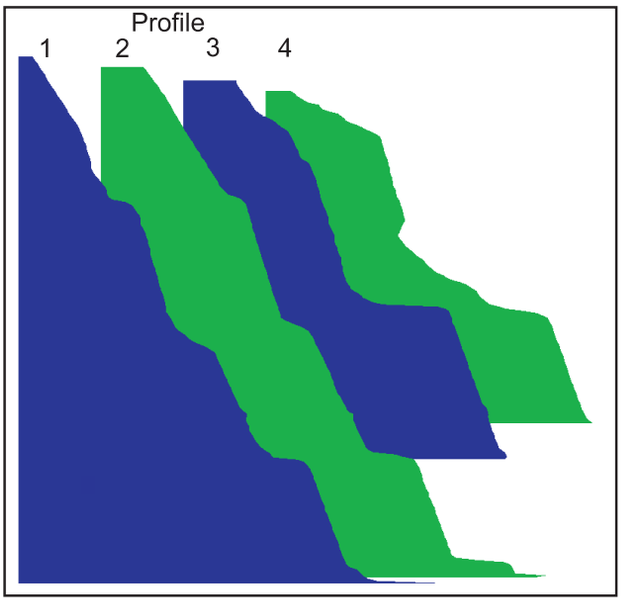

Fig. 4. Projekt „Strzelin", profile rzeczywistego kształtu zbocza

"Strzelin" Project, cross-sections of the real rock face slope

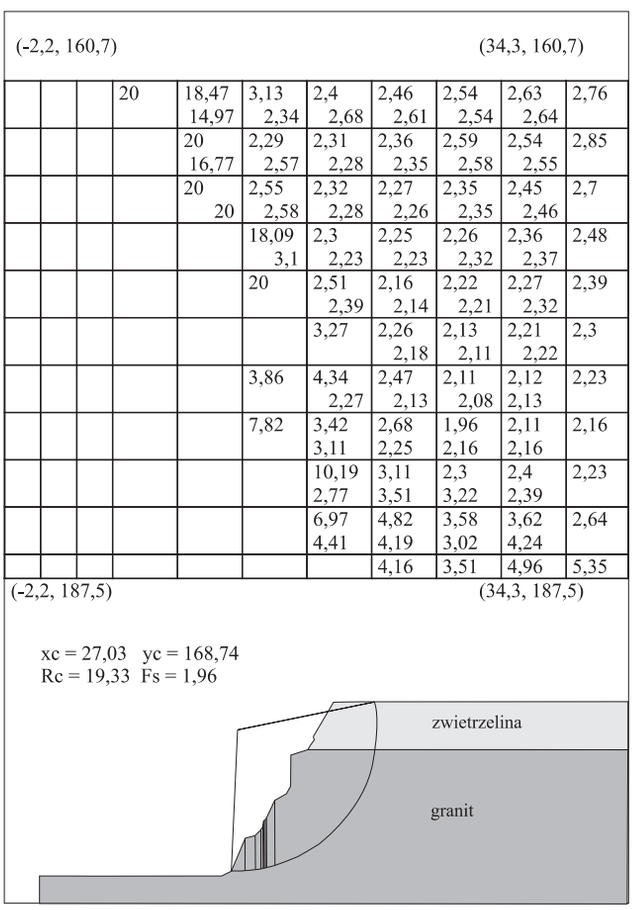

Fig. 5. Projekt „Strzelin", analiza stateczności zbocza na podstawie profilu 1 w programie SLOPE V8

"Strzelin" Project, geotechnical analysis of the slope stability, based on cross-section nr 1

PROJEKT „GRONOWSKIE WZGÓRZA" – OPRACOWANIE TECHNOLOGII URABIANIA

Celem przedsięwzięcia było zaprojektowanie urabiania złoża techniką strzałową (rozmieszczenie i nachylenie otworów strzałowych), wyznaczanie miejsc najmniejszego zabioru oraz pomiar objętości. W tym przypadku zakres pomiaru był mniejszy – ograniczał się tylko do zakresu zabierki. Pomiar obejmował pełny obraz ściany przed odstrzałem (fig. 6), dokładny pomiar rozmieszczenia otworów strzałowych oraz obraz usypu po odstrzale (fig. 7). Przetwarzanie danych przebiegało według opisanej procedury, przy czym zostało uzupełnione wczytaniem projektowanej, a następnie rzeczywistej siatki otworów strzałowych. Na podstawie tych danych wygenerowano tabelaryczne zestawienie (raport) wielkości zabioru dla każdego półmetrowego odcinka otworu. Jest to informacja bardzo cenna dla osoby nadzorującej prace – na podstawie raportu każdy odcinek otworu jest ładowany odpowiednią ilością materiału wybuchowego. Pro-

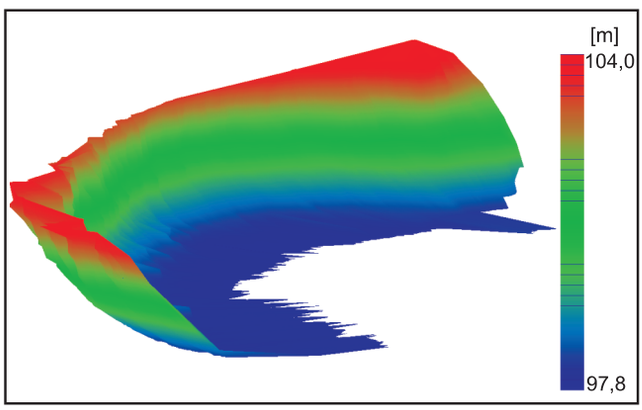

Fig. 6. Projekt „Gronowskie Wzgórza", wizualizacja ściany przed odstrzałem

"Gronowskie Wzgórza" Project, 3D model of the rock face before blasting

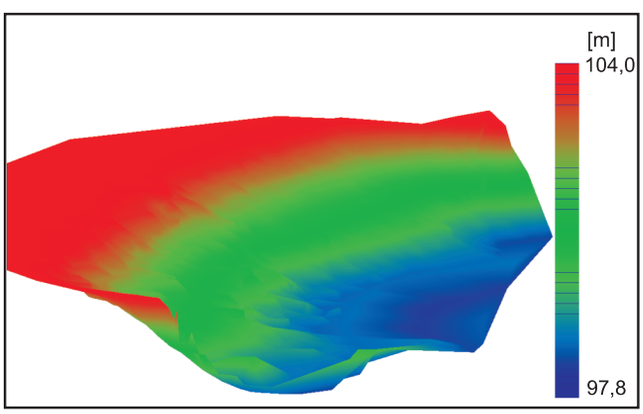

Fig. 7. Projekt „Gronowskie Wzgórza", wizualizacja usypu po odstrzale

"Gronowskie Wzgórza" Project, 3D model of the rock face after blasting

cedura taka jest istotna ze względów ekonomicznych (utrzymanie stałego, przyjętego z obliczeń stosunku ilości materiału wybuchowego na objętość skały), ale przede wszystkim z uwagi na konieczność ograniczenia zasięgów oddziaływań środowiskowych (drgań parasejsmicznych). Strefy zmniejszonego zabioru powodują również niebezpieczeństwo rozrzutu odłamków skalnych.

Należy wspomnieć, że w górnictwie brytyjskim badanie najmniejszego zabioru jest wymagane przed każdym odstrzałem (Wells, 1998). Ponadto aplikacja ModelAce umożliwia nałożenie na siebie dwóch obrazów – przed i po odstrzale, co jest doskonałą pomocą w ocenie skutków urabiania i efektywności całego procesu wydobywczego.

INNE ZASTOSOWANIA

Narzędzie pozwalające nałożyć na siebie obrazy z wielu cykli pomiarowych jest również pomocne w monitoringu osuwisk. W takim przypadku pomiarom podlega znaczna powierzchnia, czas między badaniami jest relatywnie długi, a zmiany w ukształtowaniu powierzchni mniej oczywiste w stosunku do pomiaru porównawczego ściany skalnej przed i po odstrzale. Ze względu na dokładność aparatury, aby uzyskane dane pomiarowe miały wartość porównawczą, przemieszczenia gruntu muszą sięgać rzędu co najmniej dziesiątków centymetrów. Biorąc pod uwagę właściwości pomiaru postępu osuwiska, bardzo korzystna jest współpraca aparatury skanującej z systemem GPS – dokładne ustalenie lokalizacji skanera ułatwi złożenie kilku odległych w czasie pomiarów w obraz zmian powierzchni oraz naniesienie ich na opracowania kartograficzne (Scaioni i in., 2004). Technologia skanowania laserowego zintegrowana z systemem nawigacji satelitarnej jest wykorzystywana także przy sporządzaniu i aktualizacji map wyrobisk górniczych i map wykorzystania złoża, monitoringu postępu prac górniczych oraz szacowaniu zasobów kopaliny (Graniczny, 2005).

Dokładne i zautomatyzowane wykreślenie granic pomiędzy warstwami może być koniecznością w złożach, gdzie jest to niezbędne dla procesów przemysłowych. Przykładem mogą być kopalnie surowców wapienniczych, np. Kopalnia Margli „Odra 2" dostarczająca urobek do Cementowni Odra – podebranie warstwy o innym składzie chemicznym powoduje konieczność przeprowadzania skomplikowanego procesu mieszania i uśredniania składników oraz homogenizacji surowca. Określenie granicy między warstwami o konkretnej zawartości tlenku wapnia jest łatwe dla osoby przeprowadzającej pomiar ze względu na widoczne różnice kolorystyczne warstw złoża. W takim przypadku skaner laserowy ustawia się na automatyczne zapisywanie punktów na drodze ręcznego prowadzenia wiązki lasera po granicy warstw. Powstałą w ten sposób krawędź nakłada się na trójwymiarowy obraz wyrobiska, uzyskując dokładny model wspomagający zarządzanie zasobami złoża.

Literatura obcojęzyczna podaje dalsze przykłady zastosowania skanerów laserowych w geologii, geotechnice i górnictwie:

– wyznaczanie głównych płaszczyzn podziału oraz obliczanie bloczności (Slob i in., 2007), np. w celu wyznaczenia wskaźnika stopnia spękania górotworu (RQD) oraz klasyfikacji systemu nieciągłości;

– tworzenie map zagrożeń obrywami bloków skalnych wraz z określeniem kierunku spadania skał (Alba i in., 2005).

PODSUMOWANIE

Naziemne skanowanie laserowe jest nowoczesnym narzędziem pomiarowym znacznie przyspieszającym badania powierzchni skalnych, zwiększającym bezpieczeństwo użytkownika oraz dostarczającym dane do kompleksowej analizy górniczej i geologicznej. Wobec szerokiego spektrum zastosowań należy wdrażać technologię laserową w codziennej pracy badawczej. Czynnikiem decydującym o pełnym wykorzystaniu możliwości skanera będzie skompilowanie specjalistycznego oprogramowania, dostosowanego do celu wyznaczonego przez użytkownika. Obecnie jest to jedna z podstawowych metod optymalizacji i poprawy efektywności procesów wydobywczych w odkrywkowym górnictwie skalnym, uwzględniająca równocześnie wymogi bezpieczeństwa środowiskowego.

LITERATURA

ALBA M., LONGONI L., PAPINI M., RONCORONI F., SCAIONI M., 2005 – Feasibility and problems of TLS in modeling rock faces for hazard mapping. ISPRS WG III/3, III/4, V/3 Workshop "Laser scanning 2005". Enschede, the Netherlands.

GRANICZNY M., 2005 – Katalog możliwości zastosowania obserwacji satelitarnych w geologii (naukach o Ziemi), wraz z podaniem dyrektyw UE. Opracowanie Foresight. Państw. Inst. Geol. Warszawa.

SCAIONI M., GIUSSANI A., RONCORONI F., SGRENZAROLI M., VASSENA G., 2004 – Monitoring of geological sites by laser scanning techniques. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* **35**, B/VII,: 708–713.

SLOB S., HACK H.R.G.K., FENG Q., RÖSHOFF K., TURNER A.K., 2007 – Fracture mapping using 3D laser scanning techniques. *W*: 3D laser scanning techniques (L.R. Sousa, C.O.N. Grossman, red.): 299–302. Balkema.

WELLS B., 1998 – The latest developments in laser profiling, borehole deviation and laser enhanced videometry. Measurement Devices Ltd, York, England.