



## Wycieczki w chmurach... punktów

**B**entley Systems od początku swego istnienia znaczną część dochodów przeznacza na rozwój oferowanych produktów. Już ponad miliard dolarów zainwestowano w dostosowanie oprogramowania do potrzeb użytkowników. Odbyna się to dwutorowo – z jednej strony poprzez unowocześnianie posiadanych technologii, kolejne wersje istniejących rozwiązań wzbogacane o nowe funkcje, z drugiej zaś przez inwestycje w firmy oferujące produkty komplementarne, aplikacje wykorzystujące technologię Bentley.

Brytyjski Pointools zakupiony w 2011 roku wzbogacił ofertę firmy Bentley o produkty do przetwarzania i analizy chmur punktów. Elementy technologii Pointools zostały włączone do najnowszej wersji MicroStation oraz Descartes, a na początku tego roku ukazała się najnowsza edycja Bentley Pointools V8i łącznie z aplikacjami iWare.

**W**spółczesne projekty związane z infrastrukturą oraz jej utrzymaniem coraz częściej nie mogą się obejść bez skaningu laserowego. Sąd

potrzeba efektywnych technologii i narzędzi do przetwarzania ogromnych ilości danych w możliwie krótkim czasie. Bentley obecnie należy do liderów takich rozwiązań. W bieżącym wydaniu „Be GeoMagazynu” prezentujemy drugi z projektów zakwalifikowanych w 2012 roku do nagrody BeInspired. Zadanie to dla Kopalni Soli w Wieliczce z powodzeniem wykonał właśnie z wykorzystaniem narzędzi do przetwarzania chmury punktów nasz partner – firma 3Delling z Krakowa.



**P**amiętacie Państwo dawną studencką piosenkę: „Pieniążki kto ma, ten jedzie do Wieliczki, a kto pieniędzy nie ma, ten palcem do solniczki”? Od tego projektu – niezależnie od innych opisanych w artykule korzyści – słowa te przestały być aktualne. Teraz wystarczy wejść na stronę internetową [www.3delling.pl](http://www.3delling.pl) i można odbyć wirtualną wycieczkę po Kopalni Soli w Wieliczce dzięki skaningowi laserowemu i technologii Bentley Pointools. A zatem... jedziemy!

**Mirosław Pawelec**

### WIADOMOŚCI

#### > Stonehenge zdemaskowane

Na zlecenie brytyjskiej agencji rządowej English Heritage firma Greenhatch Group wykonała szczegółowe badania kamiennego kręgu Stonehenge. Ze skaningu laserowego o rozdzielczości 0,5 mm uzyskano ponad 850 GB danych. Za pomocą technologii Pointools dokonano ich analizy. Badania wstępne z wykorzystaniem wizualizacji krawędzi cięć wykazały ślady narzędzi sprzed 5 tys. lat. Jest to przykład wykorzystania narzędzi Pointools do odkrywania tajemnic historii. Więcej na <http://tnij.org/uqzw> ■

Dodatek redaguje  
**Bentley Systems  
Polska Sp. z o.o.**  
ul. Nowogrodzka 68  
02-014 Warszawa  
tel. (22) 50-40-750  
<http://www.bentley.pl>

## Bentley Pointools V8i gotowe do pracy!

**W**spółcześnie niemal wszystkie projekty infrastrukturalne wymagają pracy z danymi w postaci chmur punktów. W styczniu 2013 roku Bentley Systems wprowadził do sprzedaży najnowszą wersję oprogramowania do analizy danych ze skaningu laserowego – **Bentley Pointools V8i** oraz dwie aplikacje iWare: **Bentley Pointools View** do wizualizacji i udostępniania chmury punktów, a także **Bentley Pointools PODcreator**


– umożliwiającą konwertowanie danych ze skaningu laserowego do formatu POD. Zestaw tych aplikacji to wysokowydajne, intuicyjne narzędzie do preprocessingu chmury punktów ze skaningu laserowego. Pełne różnicowanie chmur oraz wykrywanie kolizji umożliwiają łatwą wizualizację danych i usuwanie możliwych kolizji. Korzyści z tych narzędzi w wielu dziedzinach inżynierskich (od tworzenia map, systemów informacji przestrzennej, po

przez projektowanie i budowę elementów infrastruktury do zarządzania nimi) to: zwiększenie efektywności przetwarzania nawet przy bardzo dużych zbiorach danych, skrócenie czasu realizacji i zwiększenie jakości przetwarzania danych, przyspieszenie procesu edycji, analizy kolizji, zwiększenie jakości wizualizacji. Więcej informacji o oprogramowaniu Bentley Pointools V8i można znaleźć na stronie internetowej [www.bentley.com](http://www.bentley.com). ■



**Bentley Pointools V8i**  
Powerful and Intuitive Pre-Processing  
of Point Clouds

# Kopalnia soli w chmurze punktów

 Firma 3Deling została wyróżniona w konkursie Belnspired w kategorii „Innowacyjność w górnictwie i metalurgii” za projekt skanowania 3D Kopalni Soli „Wieliczka” wraz z obróbką danych przy użyciu oprogramowania Bentley. Wieliczka – od 1978 roku wpisana na listę światowego dziedzictwa UNESCO – jest jednym z najbardziej rozpoznawalnych obiektów zabytkowych w Polsce. Trasa turystyczna składa się z 20 komór oraz prawie 3 km chodników. Jest to zaledwie niewielka część spośród blisko 3 tys. wyrobisk rozrzuconych na dziewięciu poziomach połączonych ponad 300-kilometrową siecią chodników.

**U**trzymanie oraz kontrola tak dużych wyrobisk nie jest zadaniem łatwym. Dział mierniczy kopani zajmujący

się głównie pomiarami kontrolnymi zdecydował się na pilotażowy projekt obejmujący skanowanie laserowe 3D, któ-

rego wykonawcą była krakowska firma 3Deling Sp. z o.o. Głównym celem prac było sporządzenie dokumentacji

kartograficznej wybranych wyrobisk. Dodatkowo zdecydowano się na wykorzystanie możliwości wizualizacji, jakie niosą ze sobą dane ze skanera laserowego.

Do zadań projektu należało:

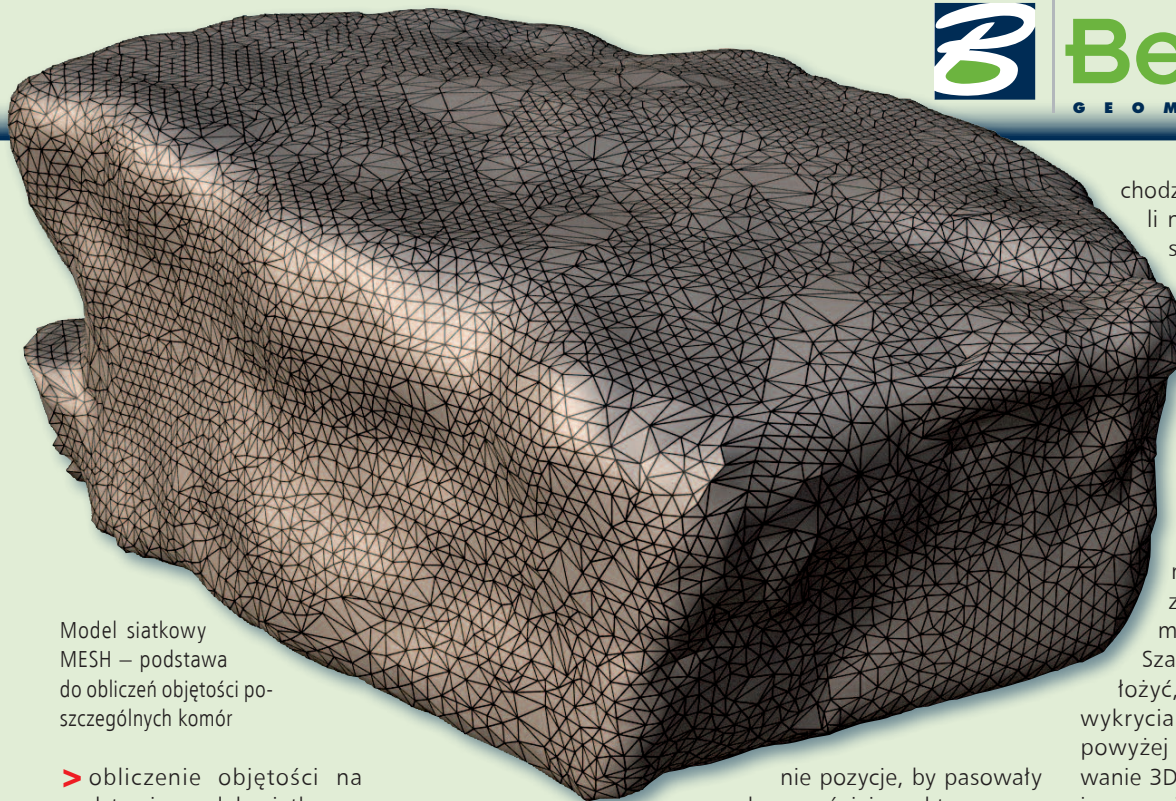
> wykonanie rzutów spągu i stropu,

> wykonanie przekrojów w czterech kierunkach wraz z widokami ortofoto (wygenerowanymi z chmury punktów),



Widok komory Michałowice, fragment jednej z blisko tysiąca panoram wykonanych w Wieliczce przez 3Deling





Model siatkowy MESH – podstawa do obliczeń objętości poszczególnych komór

- > obliczenie objętości na podstawie modelu siatkowego MESH,
  - > archiwizacja chmury punktów w formacie POD,
  - > wykonanie szczegółowego modelu 3D z teksturami,
  - > wygenerowanie animacji stereo z chmury punktów,
  - > przygotowanie interaktywnej wirtualnej wycieczki (produkt szczególnie innowacyjny).
- Większość tych prac zrelizowano, korzystając z oprogramowania firmy Bentley Systems.

**D**okumentacja kartograficzna wyrobisk w postaci rzutów była wykonana w programie MicroStation v8i series 3, który od wersji series 2 ma możliwość bezpośredniego wyświetlania chmury punktów w formacie POD. Używa-

jąc narzędzi do ograniczania widoków chmury (wyświetlanie wybranych wycinków we wcześniej zdefiniowanych rzutniach), wykonano wektoryzację chmury na zadanych wysokościach. Oprócz samych linii przekrojowych wyrysowano charakterystyczne krawędzie wyrobisk oraz wyposażenie (schody, barierki, tory kolejki podziemnej).

Przekroje (tym razem same linie przekrojowe) podobnie jak rzuty wykonano w MicroStation. Widoki orto z chmury punktów z tych samych pozycji i kierunków co przekroje wygenerowano w programie Bentley Pointools. Gotowe opracowania ortofoto zaimportowano do MicroStation w odpowied-

nie pozycje, by pasowały do wcześniej zwektoryzowanych przekrojów. Objętości zostały obliczone na podstawie siatki trójkątów MESH wykonanej w programie opensource Meshlab.

**W**szystkie pojedyncze stanowiska skanera po uprzedniej transformacji do wspólnego Wielickiego układu współrzędnych zostały przekonwertowane do formatu POD. Jest to bardzo wydajny format plików charakteryzujący się dużą kompresją (stosunkowo mniejsze rozmiary plików), wspólny dla wszystkich narzędzi firmy Bentley Systems obsługujących chmury punktów. W dłuższej (kilkuletniej) perspektywie powtórny pomiar wyrobisk, w których może za-

chodzić ruch skał, pozwoli na ich wykrycie. Zastosowanie metody skanowania laserowego do badania deformacji ma tę zaletę, że daje możliwość badania ruchów całych powierzchni, a nie tylko wybranych punktów. Wadą jest mniejsza dokładność w porównaniu z punktowym pomiarem tachimetrem.

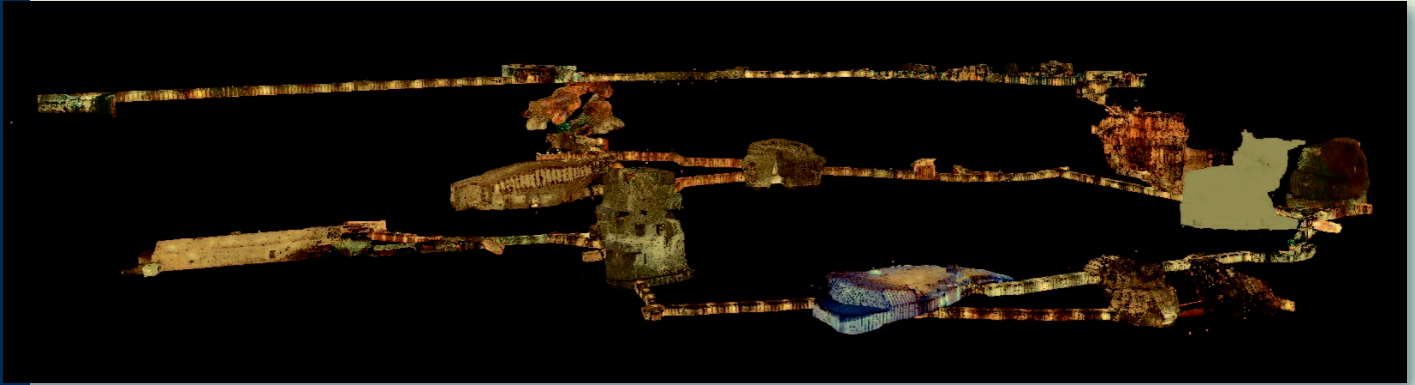
Szacunkowo można założyć, że jest możliwość wykrycia tendencji ruchów powyżej 10-15 mm. Skanowanie 3D prezentowane jako innowacyjna technologia bywa postrzegane bezrefleksyjnie. Dokładności cytowane przez producentów skanerów laserowych rzędu 1-2 mm często mijają się z rzeczywistością. Dokładność zarejestrowanej, czyli połączonej chmury, zależy nie tylko od samego pojedynczego pomiaru skaneringiem, ale od jakości transformacji wszystkich skanów. Na to składa się kilka czynników, takich jak: pomiar, sposób wyrównania oraz geometria punktów kontrolnych, oprogramowanie i sposób rejestracji.

**K**olejnym produktem skanowania był powierzchniowy model 3D również opracowany za pomocą MicroStation. Na podobnej zasadzie jak przy



Ortofoto wygenerowane z chmury punktów wraz z linią przekrojącą narysowaną w MicroStation





Pojedyncza klatka z filmu 3D pokazująca widok zeskanowanych korytarzy i chodników z zewnątrz

generowaniu materiałów 2D, odpowiednio ograniczając chmurę, wpasowano wszystkie elementy wyposażenia wybranych komór. Należy pamiętać, że modelowanie 3D na podstawie chmury punktów w programie MicroStation jest w zasadzie procesem manualnym i czasochłonnym, szczególnie w przypadku obiektów o większym skomplikowaniu, z dużą liczbą szczegółów.

Na przełomie stycznia i lutego firma Bentley Systems, widząc potrzeby rynku, wprowadziła nową wersję programu Bentley Descartes, który jest przeznaczony do pracy przy konwersji chmur do modelu CAD. Program ten zawiera wiele nowych narzędzi pomocnych w modelowaniu, takich jak: zaawansowane opcje snapowania (przyciągania) do chmur,

automatyczne generowanie przekrojów czy półautomatyczne (należy wybrać punkty należące do danego elementu) wpasowanie powierzchni oraz cylindrów. Wiele nowych narzędzi z racji skomplikowania i nowości wciąż będzie wymagać konfrontacji z użytkownikami i w konsekwencji późniejszych poprawek. Jednak już po niespełna miesiącu widać, że Bentley Descartes będzie dużym usprawnieniem w modelowaniu z chmur punktów.

**Z** racji charakterystyki kopalni zleceńodawca zdecydował się również na zamówienie materiałów przydatnych w promocji obiektu. Jednym z nich był film w projekcji stereograficznej wygenerowany z chmury punktów. Zadanie zostało wykonane za pomocą

Bentley Pointools (we wcześniejszej wersji programu Pointools Edit). Pointools jest narzędziem do tworzenia wizualizacji chmur punktów stosunkowo prostym w obsłudze, a jednak dającym dobre rezultaty. Pozwala na generowanie gotowych filmów lub samych klatek zgodnie z wcześniej zdefiniowaną ścieżką kamery. Pewnym problemem był brak możliwości automatycznego generowania równoległych klatek stereo. Jednak opcja eksportu i importu ścieżki kamery do i z pliku tekstowego pozwoliła na obliczenie obu ścieżek w zewnętrznej aplikacji utworzonej przez firmę 3Deling i sukcesywne nagranie obu kamer. Eksperyment udało się całkowicie, a efekt końcowy w postaci filmu stereo 3D był bardzo przekonujący.

**O**prócz tego firma 3Deling zaproponowała wykonanie interaktywnej wirtualnej wycieczki po kopalni wiernie odwzorowanej w postaci teksturowanego modelu 3D. Tour pozwala na płynne przemieszczanie się – „zwiedzanie” obiektu w dowolnym kierunku oraz na przeglądanie treści zawartych w modelu (filmy, strony internetowe, opisy zawieszane jak obrazy wewnątrz modelu). Dodatkowo jest możliwość interakcji z elementami i postaciami modelu w podobny sposób jak w grach komputerowych. Wycieczka może być włączona za pomocą dowolnej przeglądarki i publikowana na stronie internetowej. Cała aplikacja jest również dostosowana do urządzeń mobilnych – smartfonów.

**P**rzykład opracowania danych ze skanowania kopalni prezentuje kompleksowość inwentaryzacji tą metodą. Jedną sesję pomiarową dostarcza ogromnej ilości danych, które można wykorzystać i opracować na wiele sposobów. Sama chmura punktów jest bardzo praktyczna i efektowna, jednak należy pamiętać, że w większości przypadków produktem końcowym jest jakaś forma CAD zapisana wektorowo. Zatem konwersja chmury do modelu CAD jest kluczowa. Stąd dobór oprogramowania i jego znajomość są bardzo istotne w całym procesie. Bentley Systems od czasu przejścia firmy Pointools wypada tu na tle konkurencji bardzo dobrze.

**Marek Baścik**  
3Deling  
[www.3deling.pl](http://www.3deling.pl)



Widok z aplikacji wirtualnej wycieczki dającej możliwość dowolnego przemieszczania się oraz interakcji z otoczeniem