



# Bentley PowerCivil w geologii

Oprogramowanie to jest jednym z najnowszych tego rodzaju rozwiązań na rynku. Zdecydowanie warto mu się przyjrzeć, ponieważ z uwagi na możliwości oraz atrakcyjną cenę stanowi interesującą alternatywę dla podobnych produktów. Łącząc w sobie cechy użytkowe oprogramowania typu CAD z funkcjonalnością narzędzi do obsługi modelowania przestrzennego, Bentley PowerCivil stanowić może istotne wsparcie dla geologa przy weryfikacji budowy geologicznej złoża.

## > Zamiast wstępu, czyli dlaczego PowerCivil?

Możliwość pracy Bentley PowerCivil w trzech wymiarach pozwala na bardzo rzetelną i szczegółową weryfikację przyjętej koncepcji budowy strukturalnej. Istotne w tym oprogramowaniu są funkcje:

- > tworzenia modelu na podstawie danych z różnych źródeł,
- > wykonywania operacji na modelach (dodawanie i odejmowanie modeli),
- > analityczne, w tym narzędzia do wizualizacji,
- > zarządzania zasobami projektu poprzez budowanie jego struktury,

- > interaktywnego śledzenia wpływu nowych obiektów na zachowanie się analizowanej powierzchni.
- Dzięki modelom użytkownik nie musi pracować na oryginalnych danych prowadzonych w pliku CAD (DGN lub DWG), co ma istotne znaczenie dla zachowania ich pierwotnych

wartości. Dzięki temu analiza często wielu wariantów wzajemnego wpływu zmian poszczególnych elementów przestrzennych odbywać się może bez ingerencji w te dane. Uwalnia to użytkownika od potrzeby robienia kopii danych źródłowych jako konsekwencji kolejnych wariantów analizy.

## > Źródła i obsługa danych

Korzenie Bentley PowerCivil sięgają oprogramowania CAD (MicroStation), stąd podstawowym źródłem danych są pliki graficzne (formaty DGN, DWG). Rozwiązanie umożliwia pobieranie danych wg zdefiniowanych atrybutów bądź też z elementów wskazanych przez użytkownika. Dostępne kryteria dotyczą zarówno cech elementów, które będą importowane, jak i zasięgu geograficznego. Dane źródłowe mogą bowiem pochodzić z całego pliku źródłowego lub z obszaru wskazanego przez użytkownika. Modele można także tworzyć na podstawie danych z innych źródeł, np. plików tekstowych, urządzeń pomiarowych czy skaningu lotniczego (LiDAR). Warto tu podkreślić, że Bentley PowerCivil posiada narzędzia przeznaczone do obsługi danych pozyskanych za pomocą technologii LiDAR, w tym do redukcji ilości importowanych danych przy zachowaniu dokładności modelu przestrzennego.

# Infrastruktura

Jednym z najpopularniejszych ostatnio słów w rozmowach prywatnych, publicznych dyskusjach, programach telewizyjnych i spotach wyborczych jest odmieniana przez wszystkie przypadki INFRASTRUKTURA. Włączając się w tę ogólnonarodową debatę, prezentujemy w bieżącym

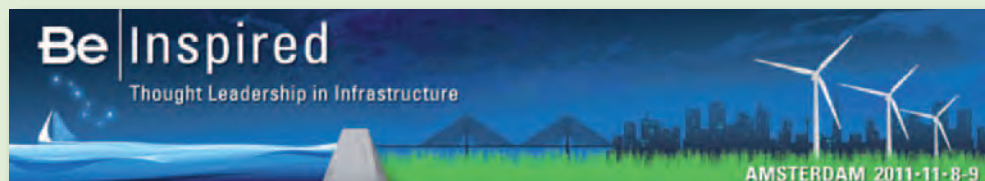
numerze „Be GeoMagazynu” kolejny artykuł poświęcony produktowi PowerCivil for Poland. Tegoroczna nowość w ofercie firmy Bentley Systems jest wysokowydajnym narzędziem wspomagającym realizację projektów infrastrukturalnych. PowerCivil to połączenie platformy CAD (MicroStation) i specjalistycznych narzędzi do prac projektowych realizowanych przez fachowców z inżynierii lądowej. Program wyposażony

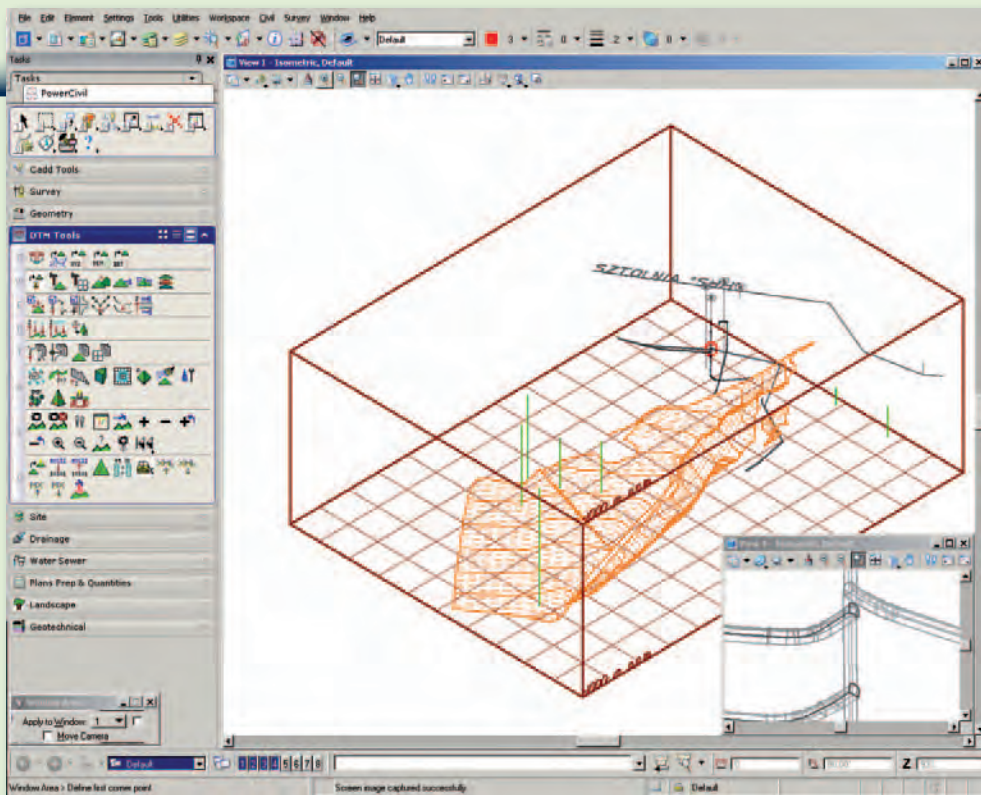


jest m.in. w narzędzia do tworzenia, edycji i analizy map, modelowania infrastruktury burzowej i sanitarnej. Znacząco ułatwia także projektowanie zagospodarowania i ukształtowania terenu. Umożliwia parametryczne modelowanie 3D. Jak PowerCivil spisuje się w geologii, dowiecie się Państwo z kolejnych stron naszego dodatku. Przyjemnej lektury.

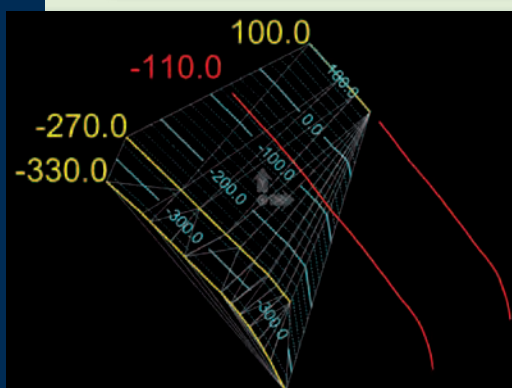
Mirosław Pawelec

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





Rys. 1. Widok okna głównego oprogramowania PowerCivil. W prawej części widoczny rzut izometryczny modelu powierzchni strukturalnej uwzględniającego m.in. tektonikę oraz granice wyklinowania pokładu. W prawej dolnej części okna powiększenie miejsca oznaczone na czerwono. Jest to fragment infrastruktury technicznej (sztolnia wraz z dochodzącymi do niej chodnikami). Modele trójwymiarowe wszystkich elementów widocznych na rysunku wykonane zostały za pomocą PowerCivil



Rys. 2. Efekt wykonania modelu na podstawie danych 2D: elementy zaznaczone na czerwono nie zostały uwzględnione z uwagi na większą od zakładanej odległość tekstu od elementu oraz większą od przyjętej w kryteriach odległość między częściami izolacji o rzędnej +100

## > Import danych

**Pliki 2D.** Bardzo istotną cechą oprogramowania jest możliwość korzystania z danych pochodzących lub prowadzonych nadal (!) w plikach 2D (rys. 2). Jest ona szczególnie przydat-

na np. w sytuacji, gdy mamy do dyspozycji mapy izoliniowe prowadzone w środowisku dwuwymiarowym. Nadanie trzeciego wymiaru odbywa się w dwóch krokach poprzez:

> zadanie promienia przeszu-

kiwania informacji tekstowych, które wykorzystane zostaną do nadania wartości „Z” danemu elementowi, oraz zdefiniowanie kryteriów tekstu, z którego wartości „Z” przypisane będą importowanym elementom graficznym (np. izoliniom),

> wskazanie elementów, na podstawie których wykonany będzie model powierzchni (np. izolinii).

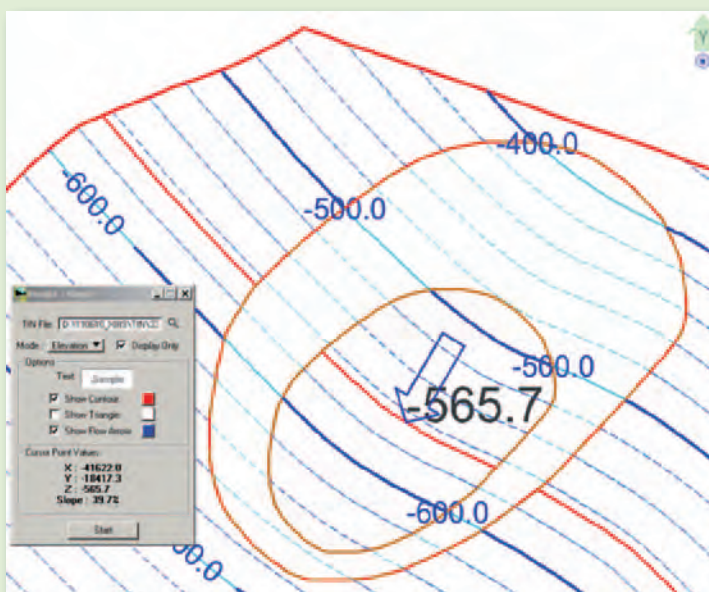
**Obsługa granic zewnętrznych i we-**

**wnętrznych modelu.** Narzędzia do importu danych, które mogą być wykorzystywane do tworzenia modeli strukturalnych, umożliwiają uwzględnienie specyfiki powierzchni geologicznych. Przykładowo, jeżeli w danym obszarze nastąpił zanik pokładu (poprzez jego erozyjne wymycie lub wyklinowanie), odpowiedni sposób wczytania danych umożliwia uwzględnienie tej sytuacji. Funkcja ta pomocna jest również w uwzględnieniu rzeczywistych granic pokładu lub poszczególnych jego bloków (np. granic tektonicznych, którymi mogą być granice przecięcia się powierzchni pokładu z powierzchnią uskoku), umożliwia bowiem „zatrzymanie” modelu na elementach stanowiących jego granice, eliminując błędne wychodzenie modelu poza jego rzeczywisty zasięg (proces triangulacji „zatrzymuje się” na rzeczywistych granicach bloku lub pokładu złoża). Narzędzie umożliwia również „zagnieżdżanie” modeli, np. poprzez uwzględnienie izolowanych soczew w płonnych partiach złoża (rys. 3).

## > Tworzenie modelu powierzchni strukturalnej

### Przygotowanie modeli podstawowych.

Najistotniejszą korzyścią z prowadzenia modeli powierzchni strukturalnych w środowisku trójwymiarowym jest możliwość szczegółowej weryfikacji poprawności przyjętej koncepcji budowy geologicznej (np. wykonanie analizy śladów przecięcia się modeli powierzchni stropu i spągu pokładu z modelem powierzchni uskokowej umożliwia zweryfikowanie zarówno przebiegu uskoku, jego kąta upadu, jak i wielkości rzutu).

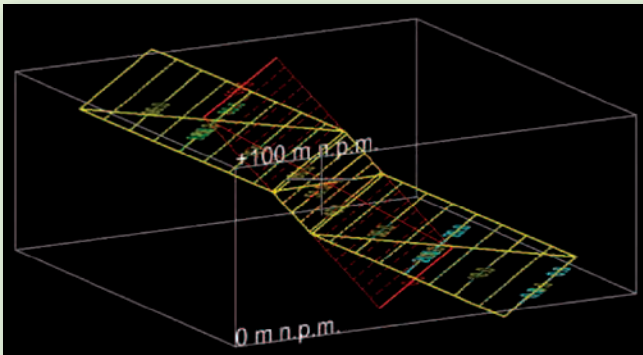


Rys. 3. Przykład możliwości obsługi granic zewnętrznych (czerwone granice wyklinowania pokładu na północnym zachodzie i tektoniczne na północnym wschodzie) oraz wewnętrznych (brązowe granice wewnątrz obszaru przedstawiające granicę wyklinowania pokładu oraz soczewę wewnątrz strefy płonnej). Izolinie w kolorze błękitnym przedstawiają model powierzchni stropu pokładu nieuwzględniający wyklinowania wewnątrz pokładu





Rys. 4. Przykład weryfikacji przebiegu uskoku: ślady intersekcyjne (w kolorze niebieskim) sugerują równoleżnikowy przebieg uskoku, natomiast po stworzeniu jego modelu przestrzennego i wizualizacji za pomocą izoliny widać, że bieg uskoku jest NW-SE z wyraźnym zwiększeniem kąta upadu powierzchni uskokowej ku górze



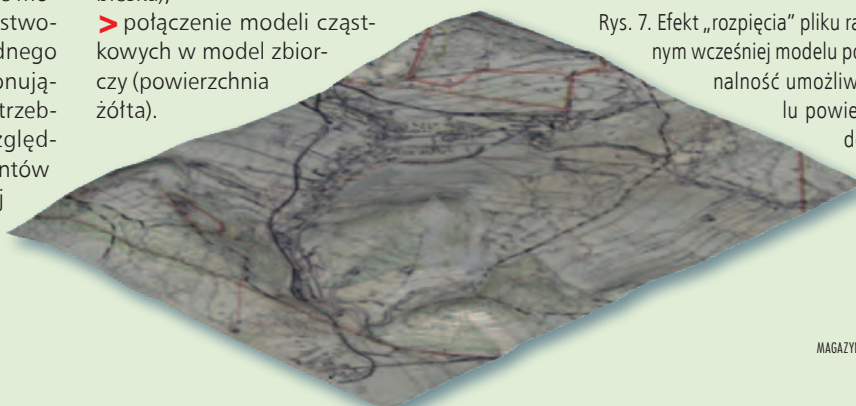
Rys. 5. Widok modeli podstawowych przedstawiających powierzchnię uskoku (kolor czerwony), powierzchnię strukturalną w skrzydle wiszącym (zielony) oraz w skrzydle zruconym (niebieski)

W prezentowanym przykładzie (rys. 4) na podstawie danych archiwalnych (zeskanowane mapy strukturalne pokładów zawierające ślady przebiegu uskoku w trzech pokładach w obu jego skrzydłach) wykonany został model uskoku. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że przebieg tego uskoku jest równoleżnikowy. W rzeczywistości jednak przebiega on w kierunku NW-SE, do tego posiada zmienny kąt upadu, ulegając silnemu wystromieniu.

**Złożenie modeli podstawowych w model wynikowy.** W przypadku prostej sytuacji geologicznej zestaw standardowych narzędzi (pozwalający na uwzględnienie elementów punktowych i liniowych – izoliny, krawędzie tektoniczne czy też inne granice zewnętrzne i wewnętrzne modelu) z reguły umożliwia stworzenie i prowadzenie jednego modelu jako satysfakcjonującego. W sytuacji gdy potrzebne jest precyzyjne uwzględnienie wszystkich elementów powierzchni strukturalnej (np. granic tektonicz-

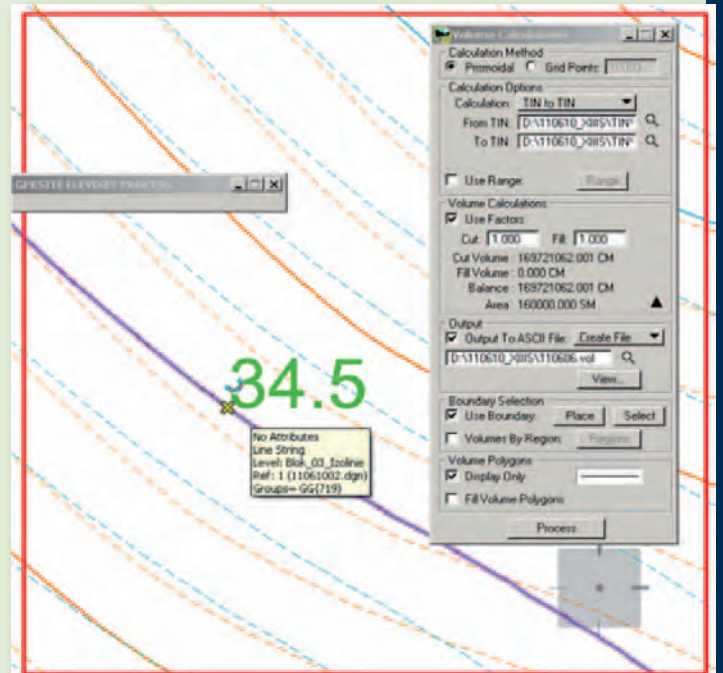
nych, zaniku pokładu w strefie uskokowej, wspomnianego już wyklinowania pokładu czy wreszcie izolowanych soczew), konieczne może się okazać prowadzenie modeli cząstkowych (np. modeli uskóków oraz modeli powierzchni strukturalnych w blokach tektonicznych), a następnie złożenie ich w jeden model zbiorczy. Prezentowany przykład (rys. 5) powstał w wyniku złożenia następujących kroków:

- > przygotowanie modelu powierzchni uskoku (powierzchnia czerwona),
- > przygotowanie modelu powierzchni pokładu w skrzydle wiszącym (powierzchnia zielona),
- > przygotowanie modelu powierzchni pokładu w skrzydle zruconym (powierzchnia niebieska),
- > połączenie modeli cząstkowych w model zbiorczy (powierzchnia żółta).



Rys. 7. Efekt „rozpięcia” pliku rastrowego na przygotowanym wcześniej modelu powierzchni terenu. Funkcjonalność umożliwiająca powlekanie modelem powierzchni plikiem rastrowym dostępna była dotąd jedynie w specjalistycznym oprogramowaniu Bentley Descartes

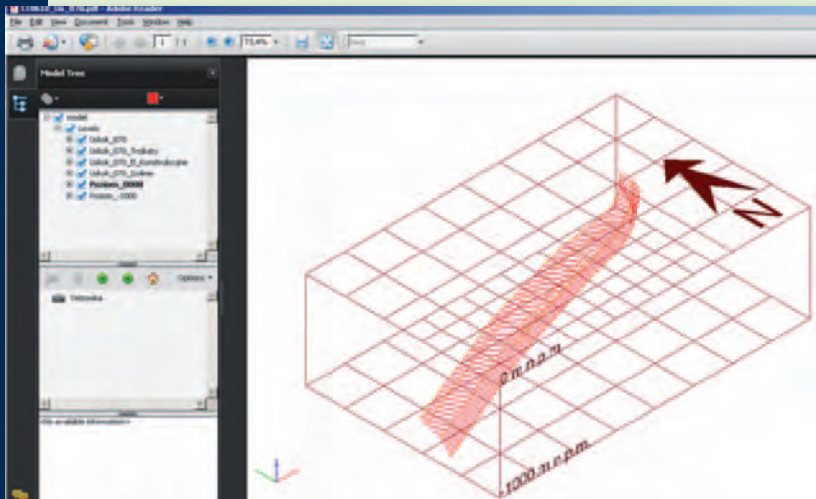
wiąjące m.in. analizę parametrów złoża w punkcie oraz pozyskanie informacji będących pochodną operacji na modelach. Jedno z podstawowych narzędzi analitycznych służy do tworzenia modeli różnicowych. Przykładem jest model miąższości pokładu, będący wynikiem odjęcia od modelu stropu pokładu modelu jego spągu (rys. 6).



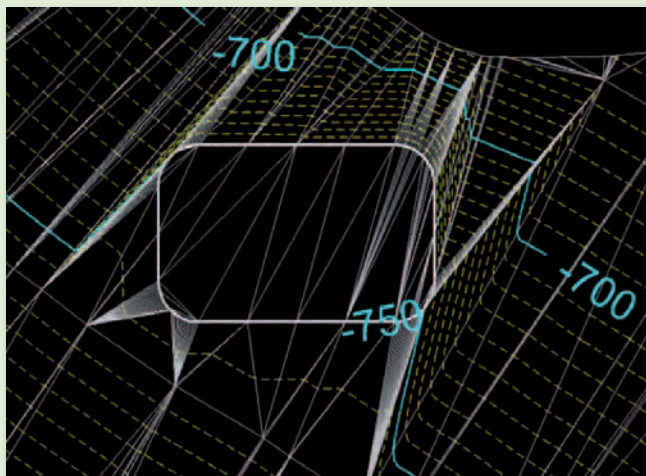
Rys. 6. Złożenie funkcjonalności umożliwiającej obliczenia na modelach oraz narzędzia służącego do odczytu wartości parametru w punkcie. W efekcie otrzymaliśmy wynik przedstawiający objętość (i masę przy znanej gęstości) między powierzchnią stropu (niebieskie izoliny) a powierzchnią spągu pokładu (izolinie pomarańczowe) w obszarze ograniczonym czerwoną ramką. Wartość w kolorze zielonym obrazuje miąższość pokładu w punkcie

**> Analiza danych Tworzenie modelu różnicowego.** Przygotowanie modeli przestrzennych wymaga sporego wysiłku. Jeżeli jednak zostaną one wykonane rzetelnie, wysiłek ten zwraca się w trakcie analizy danych. Bentley PowerCivil posiada narzędzia umożli-

**Obliczenia na modelach.** Oprogramowanie oferuje również narzędzia umożliwiające wykonywanie obliczeń na modelach. Proces ten odbywa się poprzez wskazanie dwóch modeli oraz zdefiniowanie granic poziomych i pionowych (!), w jakich policzona zostanie objętość między modelami. Do-



Rys. 8. Efekt zapisu modelu uskoku w formacie 3D PDF: mając jedynie przeglądarkę PDF, użytkownik nadal może zarządzać zakresem wyświetlanej informacji (m.in. poprzez włączanie i wyłączanie warstw, korzystanie z zapisanych w PowerCivil widoków lub poprzez wykorzystanie funkcji Rotate)



Rys. 9. Efekt modelowania interaktywnego: wstawienie obiektu do modelu powierzchni powoduje jej aktualizację widoczną poprzez zmianę przebiegu izolacji. Tu widoczny efekt wstawienia platformy o rzędnej -750 m n.p.m.

danie parametru średniej gęstości skał w obszarze pozwala na wyliczenie masy.

### > Wizualizacja

Oprogramowanie Bentley PowerCivil posiada liczne narzędzia do wizualizacji modeli przestrzennych. Część z nich można już dzisiaj nazwać standardowymi. Umożliwiają one m.in. wyświetlanie siatki trójkątów, siatki o oczkach prostokątnych definiowanych przez użytkownika czy nakładanie zakresu barwnego. Użytkownik ma również do dyspozycji funkcję renderingu, czyli powlekania powierzchni wybraną przez siebie barwą i tekstu-

ra przy zadanych parametrach oświetlenia.

Obok narzędzi wymienionych powyżej, bardzo istotna jest możliwość wykorzystania plików rastrowych do powlekania modeli przestrzennych (rys. 7). Funkcja ta, dostępna dotąd jedynie w specjalistycznym (a przez to kosztownym) oprogramowaniu do obróbki rastrowych, zdecydowanie wzbogaca możliwości prezentacyjne (i analityczne) oprogramo-

Rys. 10. Inny przykład modelowania interaktywnego: przesunięcie obiektu powoduje aktualizację modelu powierzchni widoczną poprzez zmianę przebiegu izolacji

wania. Jest właściwie rozwiązaniem konfliktu pomiędzy potrzebą analizy pełnego zestawu dostępnych danych a niewątpliwie wysokim kosztem wiążącym się z przenoszeniem danych analogowych do postaci wektorowej.

Warto również wspomnieć o możliwościach, jakie daje zapis w formacie 3D PDF. Po pierwsze, pozwala on na zachowanie atrybutu trzech wymiarów. Po drugie zaś – ponieważ zapisywana jest nie tylko treść pliku, ale też struktura (układ warstw), i to zarówno pliku aktywnego,

jak i plików odniesienia – użytkownik ma możliwość przynajmniej częściowego zarządzania wyświetlaniem informacji (rys. 8).

### > Modelowanie interaktywne

Wymieniając najistotniejsze cechy oprogramowania, wspomnieliśmy, że PowerCivil pozwala również śledzić na bieżąco wpływ nowych obiektów na kształt analizowanej powierzchni. Można sobie wyobrazić sytuację, gdy w śpągu wyrobiska biegnącego po powierzchni strukturalnej (np. śpągu pokładu złoża) należy zaprojektować rzapie lub platformę leżącą na zadanej rzędnej. Oprogramowanie PowerCivil wspomaga pracę tak, że użytkownik, zmieniając położenie projektowanego obiektu, może na bieżąco obserwować

zmianę kształtu powierzchni bazowej (rys. 9 i 10). Interaktywne osadzanie elementów w powierzchni bazowej dotyczy również obiektów bardziej złożonych, a liczne podpowiedzi umożliwiają m.in. definiowanie zakładanego kąta upadu wewnętrznych i zewnętrznych powierzchni ścian zbiornika oraz jego głębokości. Narzędzie pozwala również prowadzić bieżącą analizę matematyczną wpływu zmiany położenia projektowanego elementu w pionie i w poziomie na ruch masy. Użytkownik śledzić może bilans objętości i masy, czyli ilość niezbędną do wybrania lub wprowadzenia masy celem umieszczenia obiektu o zadanym kształcie i objętości we wskazanej lokalizacji XYZ.

### > To się opłaci

Z wieloletniego praktycznego doświadczenia autora wynika, że konsekwentne prowadzenie trójwymiarowego modelu złoża wymaga wysiłku i dyscypliny. Dotyczy to de facto każdego narzędzia – także oprogramowania PowerCivil. Z drugiej strony tego rodzaju narzędzia skutecznie wskazują błędy w interpretacji, pozwalając na zidentyfikowanie pomyłek oraz umożliwiając ich stopniową eliminację, a przez to poprawę jakości wykonywanej pracy. PowerCivil naprawdę ma w sobie Power!

Marek Sołowczuk

SHH Sp. z o.o.  
ul. Kaszubska 6  
50-214 Wrocław

