

Tytuł referatu: Model numeryczny złoża węgla kamiennego i jego praktyczne zastosowania

Subject: Digital coal deposit model and its practical implementation

Marian Poniewiera
Politechnika Śląska, Gliwice

STRESZCZENIE: W referacie krótko zaprezentowano Numeryczny Model Złoża, podano przykłady jego praktycznego wykorzystania oraz wymieniono korzyści płynące z jego wprowadzenia. NMZ rozumiany jest tutaj jako baza danych wraz z oprogramowaniem pozwalającym na prowadzenie górniczych map podstawowych, przeglądowych i specjalnych. Przy jej pomocy można wykreślić dowolną mapę tematyczną w wybranej skali, utworzyć kartę otworu wiertniczego, sporządzić profil wyrobiska, wygenerować przekrój geologiczny itp. Oprogramowanie ma zapewnić bezpieczeństwo administrowania danymi oraz umożliwić archiwizowanie informacji. W artykule omówiono również technologię wdrażania NMZ w Kompanii Węglowej S.A.

ABSTRACT: The paper briefly presents the Digital Mineral Deposit Models. This includes examples of its practical use, the benefits of its implementation and the realization of the technology in Coal Company SA

SŁOWA KLUCZOWE: Numeryczny Model Złoża, cyfrowe mapy górnicze
KEY WORDS: Numerical Mineral Deposit Models, mining digital maps

1. WPROWADZENIE

Jednym z warunków prawidłowego prowadzenia prac wydobywczych w zakładach górniczych jest sporządzanie dokumentacji techniczno – ruchowej: przygotowywanie Planów Ruchu Zakładu Górniczego, tworzenie Projektów Zagospodarowania Złóż.

Obecnie szybki rozwój nauk informatycznych, liczne programy geodezyjne a także obowiązujące prawo, pozwalają na wykonywanie i przechowywanie wszelkiej dokumentacji mierniczo - geologicznej w postaci elektronicznej (mapy podstawowe za zgodą Dyrektora Okręgowego Urzędu Górniczego).

Numeryczny Model Złoża tworzymy w oparciu o dokumenty kartograficzne oraz wyniki pomiarów geodezyjnych i geologicznych udokumentowanych w dziennikach pomiarowych. Następnie dane te możemy zwizualizować w różnorodny sposób, w wybranym układzie współrzędnych, w zadanej skali. W formie mapy płaskiej, przestrzennej, wybranego raportu opisowego czy przekroju.

Baza danych umożliwia pracę wielu użytkownikom jednocześnie oraz pozwala na utrzymanie jednego modelu złoża i jednego zestawu danych, do których dostęp jest możliwy z dowolnego stanowiska komputerowego wchodzącego w skład Systemu. Ponadto System identyfikuje użytkowników wprowadzających zmiany w bazach danych oraz posiada zabezpieczenie przed przypadkową lub celową ingerencją w jej zawartość.

2. ORGANIZACJA I PRZEBIEG PROCESU WDRAŻANIA SYSTEMU NUMERYCZNEGO MODELU ZŁOŻA W KOMPANII WĘGLOWEJ S.A.

W wyniku wdrożenia Projektu pracownicy zakładów górniczych będą potrafili samodzielnie sporządzać cyfrowe mapy górnicze i tworzyć Numeryczny Model Złoża. W Kompanii Węglowej S.A. zastosowano architekturę bazującą na pakiecie aplikacji inżynierskich: AutoCad Civil 3D, Oracle Spatial, EDBJ, GEONET i systemie obsługi map numerycznych GEOLISP. Dostarczono również oprogramowanie firmy Oracle: Fusion Middleware SOA Suite. Jego przeznaczeniem jest budowa integracji między aplikacjami istniejącymi i mogącymi pojawić się w przyszłości. Aplikacje zintegrowane w architekturze SOA udostępniają i pobierają dane w formie komunikatów XML.

Przez cały okres trwania projektu, wyznaczeni do jego obsługi pracownicy szkoleni są z różnych zagadnień dotyczących tworzenia Numerycznego Modelu Złoża. Wdrażanie Projektu, przewidziane na okres dwóch lat, podzielono na osiem etapów:

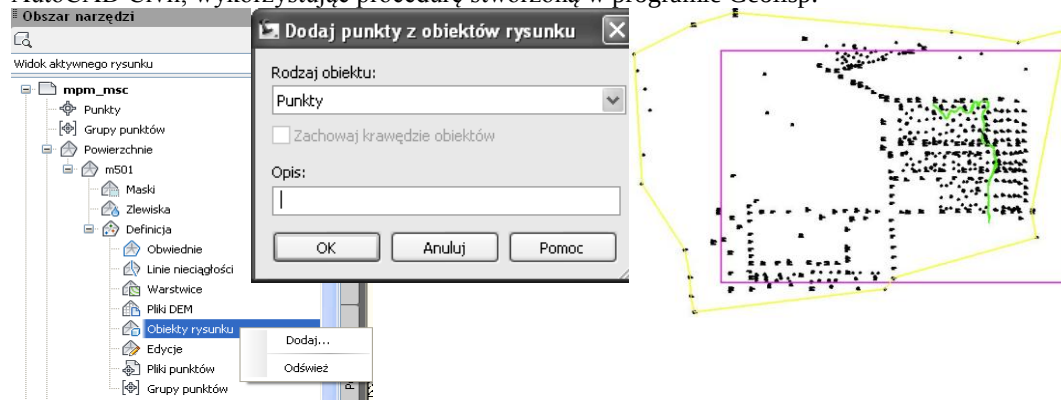
1. Uzgodnienie Projektu Systemu i realizacji prac wdrożeniowych, powołanie zespołów projektowych, zainstalowanie sprzętu: komputerów, skanerów, ploterów.
2. Zeskanowanie i skalibrowanie map podstawowych.
3. Utworzenie mapy numerycznej na podstawie współrzędnych, istniejących map cyfrowych i wektoryzacji map podstawowych.
4. Aktualizacja map numerycznych, tworzenie map pochodnych.
5. Wykonanie przestrzennego modelu wyrobisk górniczych.
6. Stworzenie przestrzennego modelu złoża.
7. Rozbudowa warstwy integracyjnej (Oracle SOA Suite).
8. Przekazanie Systemu do samodzielnego prowadzenia na poszczególnych kopalniach.

3. POJĘCIE POWIERZCHNI W PROGRAMIE AUTOCAD CIVIL

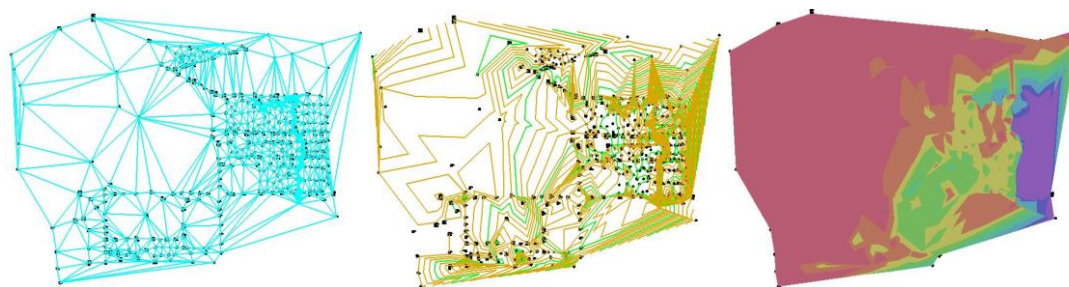
AutoCAD Civil umożliwia przestrzenną wizualizację powierzchni terenu. Powierzchnię tworzy siatka trójkątów, której wierzchołki są oparte na punktach o wysokości równej wielkości danego parametru (wysokości, miąższości, zasiarczenia itp.). Powierzchnia może zostać zwizualizowana w postaci mapy warstwicznej, hipsometrycznej, przestrzennej siatki trójkątów lub kwadratów itd. Istnieje możliwość obliczenia objętości między dwoma powierzchniami (np. obliczanie zasobów węgla kamiennego wg zadanych kryteriów).

4. Utworzenie powierzchni miąższości pokładu

Powierzchnię miąższości pokładu tworzymy na podstawie numerycznej mapy podstawowej. Istniejące w rysunku bloki miąższości i otwory wiertnicze konwertujemy na punkty programu AutoCAD Civil, wykorzystując procedurę stworzoną w programie Geolisp.



Rys. 1. Dodawanie punktów do utworzonej powierzchni
Figure 1. Adding points to the created surface



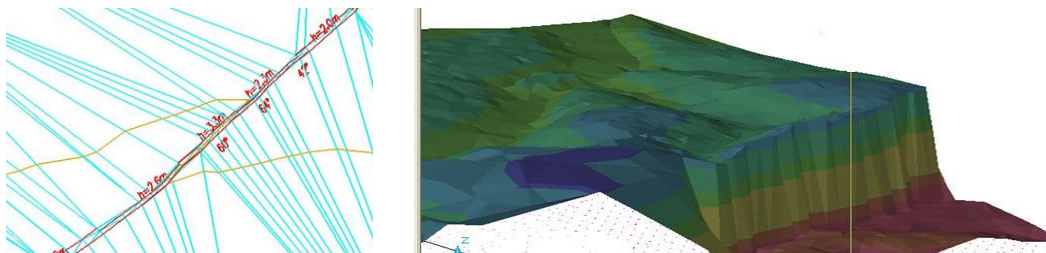
Rys. 2. Wizualizacja powierzchni przy pomocy: siatki, warstwicy i rzędnych
Figure 2. Visualization of the surface using: mesh, contour, and coordinates

5. Utworzenie powierzchni spągu pokładu

Do utworzenia powierzchni spągu pokładu wykorzystujemy punkty osnowy, koty wysokościowe i otwory geologiczne istniejące na danym obszarze. Tworząc powierzchnię należy dodatkowo uwzględnić linie nieciągłości. Wymuszając triangulację wzdłuż swego biegu uniemożliwiają one tym samym utworzenie trójkątów je przecinających. System Geolisp umożliwia import uskoków z mapy płaskiej do mapy przestrzennej. Zamienione w polinię 3D uskoki dodajemy do powierzchni spągu pokładu.



Rys. 3. Dodanie linii nieciągłości do utworzonej powierzchni
Figure 3. Adding breaklines to the created surface

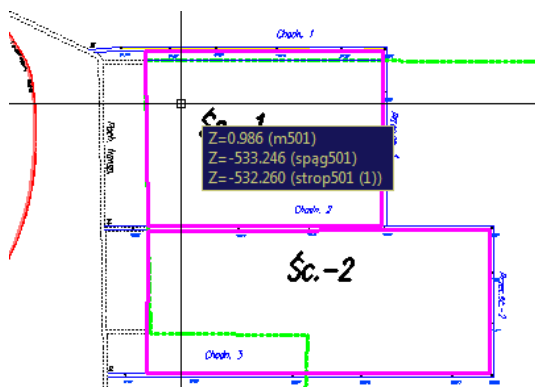


Rys. 4. Wizualizacja linii nieciągłości
Figure 4. Visualization of the breakline

6. PROCEDURY UŁATWIAJĄCE PROJEKTOWANIE

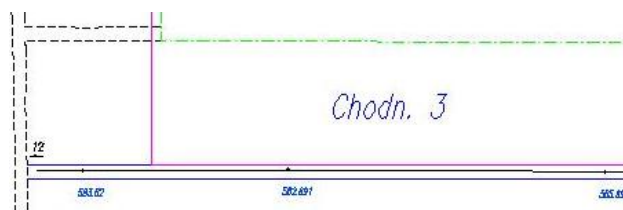
Programy: AutoCAD i Geolisp posiadają wiele narzędzi przydatnych podczas projektowania. Dzięki nim możliwe jest:

- Natychmiastowe otrzymanie wartości miąższości oraz rzędnej stropu i spągu pokładu poprzez przytrzymanie kursora w dowolnym miejscu w rysunku.



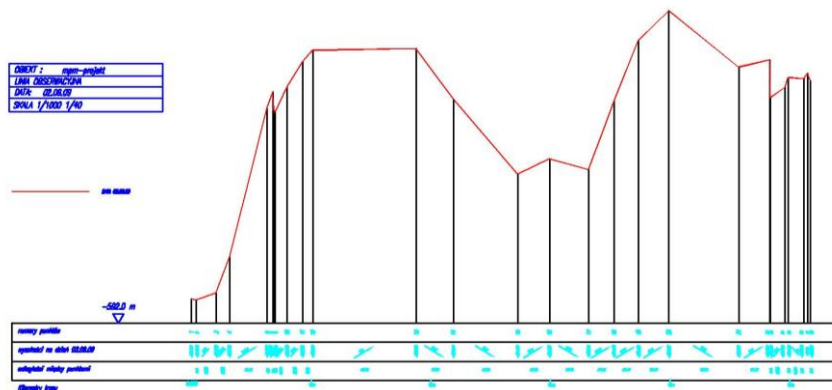
Rys.5. Pokazanie rzędnych w dowolnym miejscu w rysunku
Figure 5. Presentation of the coordinates at any point in the drawing

- Uzyskanie informacji o polu powierzchni 2d (na mapie) i 3d (rzeczywistym), objętości, średnim i maksymalnym nachyleni danej parceli (dowolnego wieloboku).
- Otrzymanie rzeczywistej długości i nachylenia obiektów w wyrobisku, wykonanie zwymiarowanego profilu na podstawie linii narysowanej bezpośrednio po spągu pokładu.



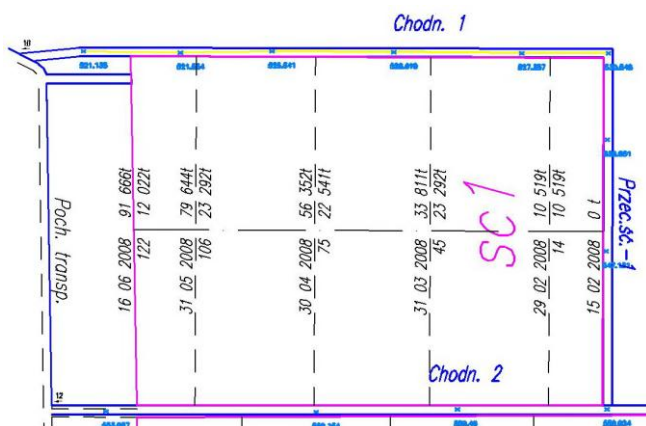
Rys. 6. Projekt przenośnika.
Figure 6. Design of a conveyor

- Generowanie dowolnych wykresów, przekrojów i profili.



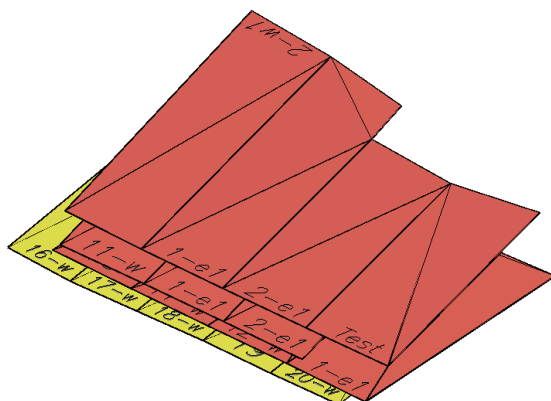
Rys.7. Wykres wzdłuż zaprojektowanego przenośnika.
Figure 7 Long section along the conveyor

- Wymiarowanie i harmonogramowanie ściany. Procedury, w które wyposażony jest Geolisp umożliwiają powiększenie ściany do podanej powierzchni, objętości, tonażu.



Rys.8. Harmonogramowanie wydobywania
Figure 8 Scheduling of mining exploitation

- Szybkie wymiarowanie obiektów mapy przy pomocy narzędzi AutoCADa.
- Sporządzanie izolinii wybranych parametrów.
- Dzięki modułowi komunikacji systemu Geolisp z programem EDBJ, prognozującym deformacje terenu, możliwe jest natychmiastowe otrzymanie informacji o wpływie projektowanej eksploatacji na górotwór, co umożliwia z kolei dobranie optymalnego kształtu i prędkości postępu ściany [1].
- Wyszukiwanie parcel spełniających zadane kryteria. Wykorzystując narzędzia AutoCAD Civil możemy wygenerować dowolne zapytanie dotyczące parcel. Przykładowo możemy wyszukać parcele, które charakteryzuje współczynnik osiadania większy lub równy 0.6 i podkolorować je na czerwono a pozostałe na żółto (jak na rysunku 9).



Rys. 9. Wyszukiwanie parcel o zadanych parametrach
Figure 9. Search longwall with definite parameters

7. WSPÓŁPRACA Z PROGRAMAMI OBLICZAJĄCYMI PROGNOZOWANE DEFORMACJE TERENU GÓRNICZEGO

Program Parcele umożliwia m.in.:

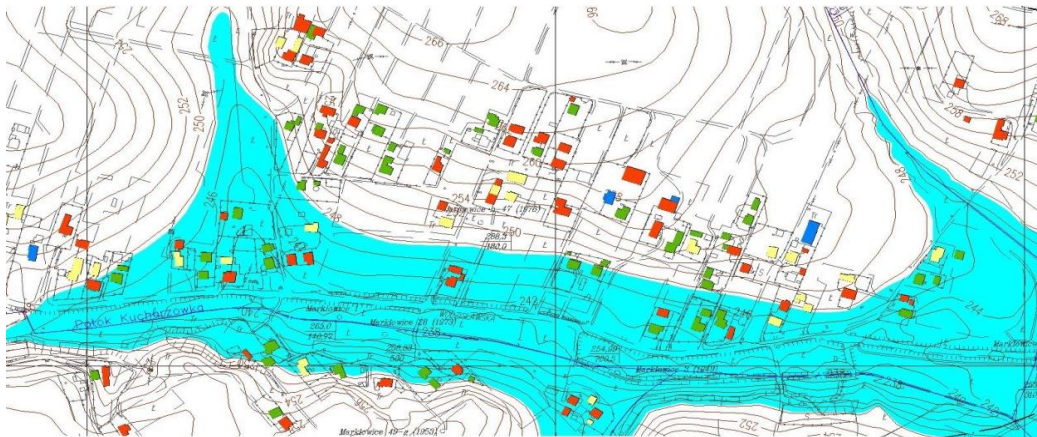
- tworzenie zbiorów danych opisujących eksploatację górnictw i punkty obliczeniowe,
- kontrolowanie i poprawianie tych danych; ułatwia czyszczenie i tworzenie topologii parcel,
- różnorodną wizualizację danych źródłowych i wyników obliczeń,
- kolorowanie budynków o kategorii odporności mniejszej od kategorii wpływu, sporządzenie odpowiedniego wykazu.

Tabela 1. Raport kategorii odporności budynków
Table 1 Report of buildings rating

ID	Miasto	Nazwa ulicy	Nr domu	Rodzaj obiektu	Kubatura	Kondygnacja	Rok budowy	Kategoria	Kat. terenu	Uwaga
432	Ornontowice	Pszczyńska	70	m	1560	2	1970	1	III	
424	Ornontowice	Pszczyńska	66	m	800	1	1975	1	III	
427	Ornontowice	Pszczyńska	68	T	250	1	2000	2	III	



Rys. 10. Nakładanie izolinii na mapę
Figure 10. Adding isolines layer to the digital map



Rys. 11. Symulacja zasięgu powodzi
Figure 11. Simulation of flood extent

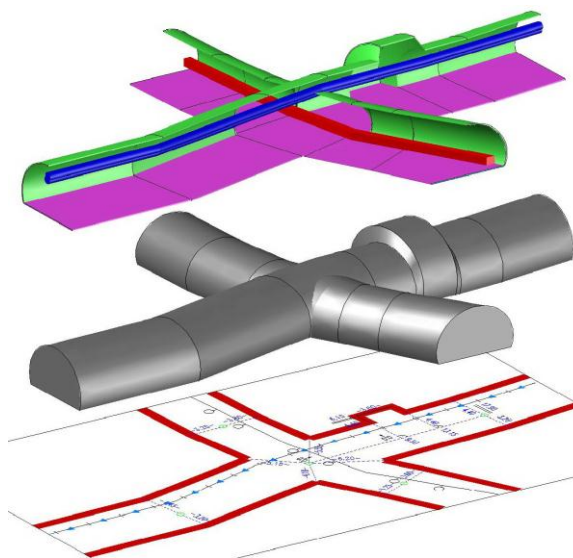


Rys. 12. Parcela utworzona na podstawie mapy numerycznej
Figure 12. A longwall created on the basis of the digital map

8. TWORZENIE MODELU PRZESTRZENNEGO WYROBISKA

System Geolisp umożliwia wykonanie modelu przestrzennego wyrobiska wykorzystując do tego celu stworzone wcześniej mapy numeryczne. Dodatkowo została utworzona procedura zamieniająca parcele zapisane w formacie tekstowym EDBJ na bryły programu AutoCAD. Na kopalniach zazwyczaj istnieją takie pliki, dzięki czemu można niewielkim nakładem pracy utworzyć model wyrobisk ścianowych.

Bryły wyrobisk tworzone są na podstawie linii ociosów, kot wysokościowych i punktów osnowy. W każdym pojedynczym wyrobisku program tworzy cztery rodzaje brył: wnętrze wyrobiska – wyobraża pustkę, powietrze w wyrobisku (dla obliczenia objętości), spąg chodnika, lewy i prawy ocios wyrobiska. Bryły przedstawiające spąg i ociosy wyrobiska służą do wizualizacji – umożliwiają odbycie wirtualnego spaceru po kopalni, pokazanie maszyn znajdujących się w wyrobisku. Istnieją dwa sposoby tworzenia brył: na podstawie linii ociosów i na podstawie osi



wyrobiska. Drugi sposób przedstawia wyrobisko w sposób uproszczony, dzięki czemu mniej obciąża zasoby komputera.

Bryły te mają takie atrybuty jak: nazwa pokładu lub poziomu, objętość, nazwa i numer inwentarzowy wyrobiska, data rozpoczęcia i zakończenia prac, rodzaj obudowy, rodzaj podsadzenia itp. Podczas tworzenia brył dane są automatycznie pobierane np. z danych dodatkowych punktów osnowy [4]. Dzięki tym dodatkowym informacjom jesteśmy w stanie wyfiltrować obiekty spełniające wybrane kryteria np. możemy skorygować objętość wybranego złoże o objętość wyrobisk udostępniających.

Rys. 13. Przestrzenny widok wyrobisk górniczych
Figure 13. 3D model of mining excavation

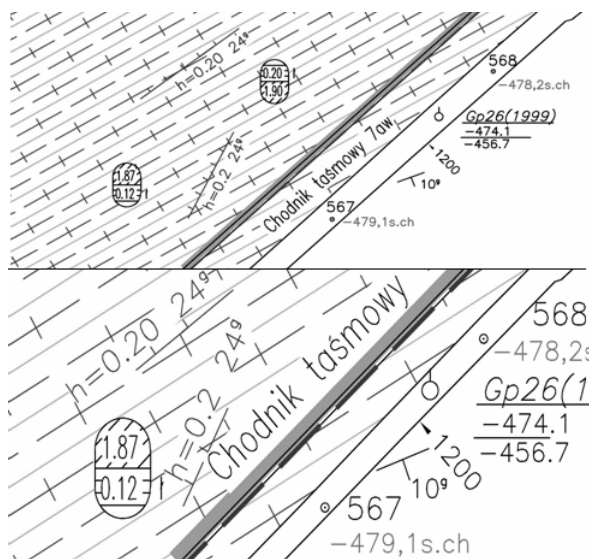
9. PRZESKALOWANIE MAPY

Każdy obiekt wprowadzany jest do mapy numerycznej tylko raz – tworzona jest tylko jedna baza danych. Z bazy tej można wygenerować wybraną mapę tematyczną w dowolnej skali. Podczas przeskalowania należy uwzględnić: odpowiednią wielkość i kształt znaków umownych, generalizację i uczytnienie treści mapy [6].

Na rysunku 14 przedstawiono ten sam fragment mapy przygotowanej do wydruku w dwóch różnych skalach. W górnej części rysunku skala jest mniejsza, większe zatem muszą być obiekty w rysunku (napisy, bloki, kreskowania itd.). Niezmienne pozostają: szerokość wyrobiska, odległości między punktami, położenie bloków. W celu sporządzenia mapy w wielu skalach należy:

- utworzyć mapę w skali głównej, np. 1:1000 (górna część rys. 14),
- wykorzystując narzędzia Geolispu przeskalować mapę do żądanej skali; w wyniku przeskalowania podmienione lub powiększone zostaną dane obiekty (dolna część rysunku);
- uczytnić treść mapy, wprowadzić drobne korekty,
- zgeneralizować treść mapy
- zapisać ręcznie wprowadzone korekty, dzięki czemu przy następnym przeskalowaniu nie trzeba będzie ich ponownie wprowadzać.

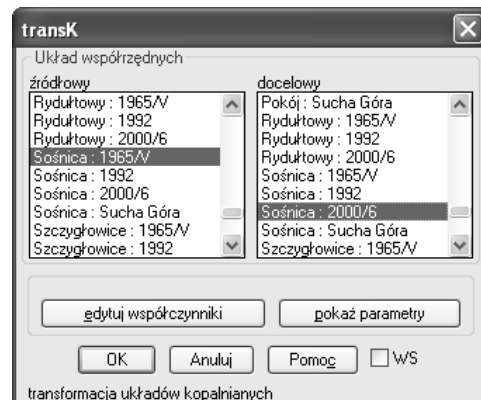
Rys. 14. Ten sam obszar przygotowany do wydruku w różnych skalach
Figure 14. The same area ready to print at different scales



10. TRANSFORMACJA

W wyniku transformacji płaskiej można przeliczyć zbiór współrzędnych płaskich (x,y) z układu pierwotnego do układu wtórnego. Aby wykonać transformację między dwoma układami współrzędnych należy dysponować odpowiednią liczbą punktów dostosowania, równomiernie rozłożonych na całym obszarze transformacji.

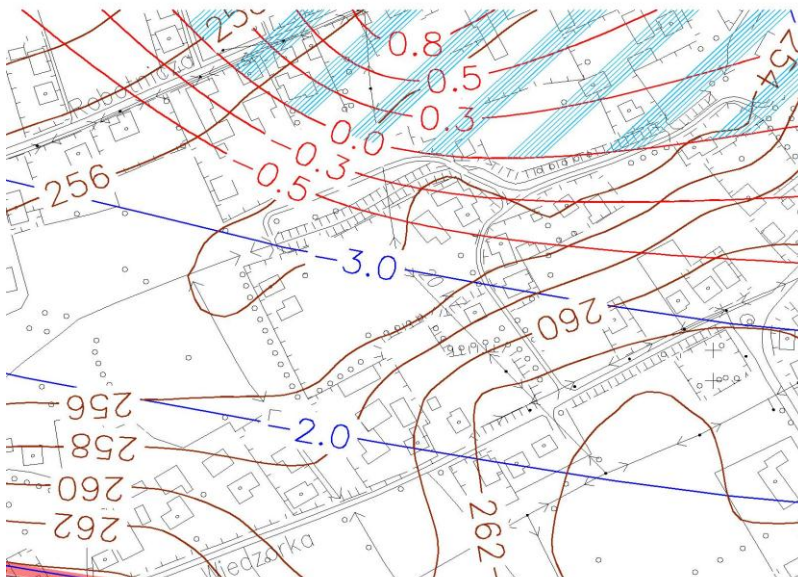
Dla kopalń należących do Kompanii Węglowej zdefiniowano współczynniki transformacji dla stosowanych w praktyce układów współrzędnych. Ustalono, że centralna baza danych będzie przechowywana w układzie 2000/6.



Rys. 15. Okno dialogowe programu transformacji
Figure 15. Dialog box of transformation software

11. TWORZENIE MAP POWIERZCHNIOWYCH

System umożliwia tworzenie map powierzchniowych na podstawie danych pozyskanych z bezpośredniego pomiaru szczegółów terenowych, z istniejących map i ze zdjęć lotniczych. Istnieje możliwość nakładania, dodawania i odejmowania powierzchni. Przykładowo: od powierzchni terenu odejmujemy najpierw prognozowane obniżenia (warstwice 2.0, 3.0) a następnie prognozowany poziom lustra wody. Otrzymujemy w rezultacie odległość lustra od powierzchni docelowej (warstwice 250 ÷ 270). Dodatkowo wartości lustra wody wyznaczają zasięg potencjalnego zalewiska na prognozowanym terenie (warstwice 0.5 ÷ 0.8) .



Rys. 16. Dodawanie i odejmowanie powierzchni
Figure 16. Adding and subtracting the surface

12. WEKTORYZACJA NA PODSTAWIE ZDJĘĆ LOTNICZYCH

Najtańszym sposobem aktualizacji dużych obszarów jest wykonywanie zdjęć lotniczych. W systemie Geolisp istnieją narzędzia, służące do opracowania tych zdjęć. Najczęściej zdjęcia te zostają przetworzone na rzut prostokątny (tzw. ortofotomapę). Dalsze postępowanie jest analogiczne jak w przypadku wektoryzacji mapy analogowej.

13. PODSUMOWANIE

Reasumując należy stwierdzić, że zbudowanie Numerycznego Modelu Złoża (wraz z założoną w nim siecią wyrobisk górniczych) nie tylko ułatwia sporządzanie dokumentacji mierniczo – geologicznej ale przede wszystkim podnosi efektywność i jakość planowania górniczego, ponieważ umożliwia:

- Szybki i stosunkowo łatwy dostęp do zgromadzonych danych mierniczo – geologicznych.
- Szybką wymianę informacji drogą elektroniczną.
- Wykonywanie wielowariantowych analiz danego zjawiska.
- Przeprowadzanie symulacji wybranych rozwiązań.
- Obliczanie zasobów złoża, strat i eksploatacji.
- Planowanie prowadzenia wyrobisk udostępniających złoża oraz wyrobisk eksploatacyjnych z uwzględnieniem wszystkich danych przestrzennych.
- Drukowanie map górniczych i powierzchniowych w dowolnych skalach w zależności od bieżących potrzeb.
- Generowanie dowolnych profili i przekrojów.
- Wizualizację planowanych robót górniczych.

LITERATURA

- [1] Białek J., Poniewiera M.: Wykorzystanie systemu obsługi kopalnianych map numerycznych dla celów prognozowania deformacji terenu górniczego. Materiały naukowe XI Międzynarodowego Sympozjum „Geotechnika – Geotechnics 2004”, Gliwice – Ustroń, 2004, s. 141-148.
- [2] Kujawski P., Poniewiera M.: Budowa systemu obsługi kopalnianych map numerycznych, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie – miesięcznik WUG nr 10(134)2005.
- [3] Kujawski P., Poniewiera M.: Budowa numerycznego modelu terenu dla celów związanych z obliczeniem objętości, Zeszyty naukowe Pol. Śl. Gliwice, 2004, s. 225-230, ser. Górnictwo, z. 278.
- [4] Muras W., Poniewiera M.: Budowa schematu przestrzennego wyrobisk górniczych, Zeszyty naukowe Pol. Śl., Gliwice, 2007, s. 313-323, ser. Górnictwo, z. 278.
- [5] Poniewiera M.: Pakiet programów wspomagających tworzenie i obsługę kopalnianych map numerycznych GEOLISP. VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych, Materiały konferencyjne, Ustroń 2005.
- [6] Poniewiera M., Zientek D.: Technologia generowania map pochodnych, w różnych skalach, na podstawie numerycznej mapy podstawowej, Materiały konferencji naukowo-technicznej „VIII Dni Miernictwa Górniczego i Ochrony Terenów Górniczych”. Ustroń 2005, s. 465-473.