

Ryszard Frankowski, Andrzej Gądek**, Edward Sośniak**

KRÓTKOOKRESOWE PLANOWANIE ROBÓT GÓRNICZYCH Z WYKORZYSTANIEM OPROGRAMOWANIA MINESCAPE W BOT KWB „BEŁCHATÓW” SA

1. Historia

Krótkookresowe planowanie robót górniczych pojawiło się w BOT KWB Bełchatów SA praktycznie z chwilą rozpoczęcia eksploatacji w O/Bełchatów, a więc pod koniec lat 70. ubiegłego wieku. Sukces ma wielu ojców, więc dzisiaj, po bez mała 30 latach, trudno jednoznacznie ustalić, kto wpadł na pomysł wykonywania indywidualnych planów pracy koparki dla każdej zabierki dla każdego poziomu odkrywki. Na pewno ten nowatorski pomysł (nie wykonywano bowiem dotąd tego typu planów w żadnej polskiej kopalni odkrywkowej węgla brunatnego) zrodził się w pionie Naczelnego Inżyniera Górniczego. Do tworzonych planów pracy dodawano kolejne elementy wzbogacające zakres zawartych informacji. Znaczny udział w nadaniu formy planowania zbliżonej do obecnej miał ówczesny szef Zakładu Geologii Stosowanej Uniwersytetu Wrocławskiego, docent Ludwik Kasza. To on był pomysłodawcą, aby dla każdego planu pracy koparki służby geologiczne kopalni kartowały aktualną skarpe roboczą poziomu wyrobiska i dołączały tę tzw. „ściankę” do tworzonego planu pracy. Miało to szczególne uzasadnienie, bowiem obraz budowy geologicznej, jaki jawił się w udostępnianym wyrobisku, był zdecydowanie bardziej skomplikowany od obrazu przedstawianego na przekrojach w dokumentacji geologicznej.

2. Dotychczasowe plany pracy

Plany krótkookresowe — plany pracy maszyn podstawowych — są wykonywane dla wszystkich poziomów odkrywki i zwałowiska. Plany pracy zwałowarek w części górniczej

* BOT KWB „Bełchatów” SA

** Mincom International LTD. Polska

zawierają stan skarp przed rozpoczęciem zwałowania oraz stan skarp projektowanych na koniec zwałowania w ramach tego planu pracy. Część górnicza zawiera również opis technologii pracy zwałowarki i bilans mas. Część geologiczna planu pracy to opinia geotechniczna zawierająca wytyczne dotyczące prowadzenia obserwacji i kontroli górotworu. Dla najniższego poziomu podawane są również wytyczne dla przygotowania przedpola oraz rzędne zwierciadeł wody w kilku wybranych punktach.

Plany pracy koparek zawierają znacznie więcej informacji. Duża pracochłonność ich sporządzania, a także ilość wykonywanych w ciągu roku (około 60 planów dla O/Bełchatów) planów wymusiła poszukiwanie rozwiązań przyczyniających się do ich szybszego wykonywania. Rozwiązaniem takim było i jest wykorzystanie metod komputerowych przy opracowywaniu planów krótkookresowych. Poniżej przedstawiono zakres informacji zawartych w poszczególnych planach pracy koparek.

2.1. Zakres robót górniczych

Dział Technologii Górniczej BOT KWB „Bełchatów” SA od 1992 r. do wspomagania krótkookresowego projektowania robót górniczych wykorzystuje angielski system informatyczny MOSS™ (oraz jego nowszą wersję system MX™). Oprogramowanie to stworzone zostało jako specjalistyczne narzędzie do projektowania dróg i autostrad. Dla potrzeb trójwymiarowego projektowania górniczego oprogramowanie to zostało jedynie zaadaptowane. Rozwój oprogramowania odbywał się dla wyżej wymienionych potrzeb bez uwzględnienia specyficznych wymagań niezbędnych w nowoczesnym projektowaniu robót górniczych. System MX/MOSS pozwalał zaprojektować trójwymiarową bryłę zabierki bez możliwości obliczenia zasobów.

Plan pracy koparki, w części górniczej, zawiera informacje dotyczące:

- aktualnej geometrii odkrywki — pochodzącej z aktualnej mapy wyrobisk górniczych;
 - lokalizacji otworów wiertniczych;
 - położenia przenośnika wraz z opisaniem go co 10 członów;
 - wyznaczenia sektorów obliczeniowych;
 - technologii prowadzenia prac;
 - legendy i stosownej tabelki z miejscami na podpisy wykonawców i zatwierdzających.
- Plany pracy podpisywane są przez kierowników: Działu Mierniczego, Geologicznego i Technologii Górniczej, a zatwierdzane są przez Naczelnego Inżyniera Górniczego, z wyjątkiem planów pracy dla dwóch najniższych pięt, które zatwierdza Kierownik Ruchu Zakładu Górniczego.

2.2. Kartowanie skarp

Służba geologiczna kopalni, dla potrzeb rozpoznania budowy geologicznej bloku górotworu przewidzianego do eksploatacji, wykonuje obraz kartograficzny aktualnej skarpy roboczej. Obraz ten wykonany jest w skali poziomej 1:2000 i pionowej, czterokrotnie prze-

wyższej — 1:500. Kartowane są m.in. główne wydzielienia litologiczne, charakterystyczne poziomy przewodnie, granice kompleksów oraz nasunięcia i uskoki. Zaznaczane są również miejsca pobranych prób bruzdowych wraz z głównymi parametrami jakościowymi węgla.

2.3. Projektowane do eksploatacji masy oraz ilość i jakość węgla

Informacja geologiczna o strukturze i budowie złoża węgla brunatnego, litologii warstw nadkładu, oraz o zasobach i parametrach jakościowych nie była dostępna w środowisku programu MOSS™. Dlatego też równocześnie z zakupem systemu MOSS™ zakupiono inny angielski system DATAMINE™. W założeniach dane geometryczne z systemu MOSS™ transferowane miały być do systemu geologicznego DATAMINE™. Modelowanie zalegania złoża węgla brunatnego oraz warstw nadkładu oraz obliczanie zasobów odbywać miało się w środowisku programu DATAMINE™. Jednak po wielu próbach stworzenie za pomocą systemu DATAMINE™ wiarygodnego modelu cyfrowego Złoża Węgla Brunatnego „Bełchatów” (charakteryzującego się niezwykle skomplikowaną budową) nie powiodło się. Zasoby w zaprojektowanych zabierkach (ilość i jakość węgla) oraz masy w poszczególnych sektorach obliczeniowych obliczane były w programie TESS™. Program ten został napisany przez pracowników Poltegor-Instytut. Oblicza on zasoby — wykorzystując znaną metodę obliczeń — metodę wieloboków. Program TESS™ współpracuje z Jednolitą Bazą Danych Geologicznych (JBDG) i dokonuje obliczeń zarówno w zabierce, jak i w sektorze obliczeniowych średnich, ważonych głównych parametrów jakościowych węgla, takich jak: wartość opałowa, wilgotność, zawartość popiołu i siarki. Aby dokonać stosownych obliczeń przy użyciu wyżej wymienionego programu, zachodziła konieczność niezwykle kłopotliwego transferu zaprojektowanych bloków eksploatacyjnych w systemie MOSS™ do programu TESS™ z wykorzystaniem dodatkowego programu MOSS/2DM.

2.4. Zagrożenia naturalne

Służba geologiczna kopalni, dla zapewnienia maksymalnego bezpieczeństwa pracującym maszynom podstawowym, w opracowywanych planach pracy prognozuje i wyznacza, w oparciu o istniejącą budowę geologiczną, rejony poniższych zagrożeń bądź utrudnień w pracy:

- zagrożenia wodne wynikające z położenia zwierciadła wód w stosunku do prowadzenia robót oraz strefy występowania wód reszkowych,
- występowanie zjawisk krasowych,
- zagrożenia metanowe,
- występowanie gruntów trudnourabialnych,
- zagrożenia osuwiskowe,
- procesy odprężeniowe w głównym pokładzie węgla.

Powyższe rejony i strefy, przy pomocy umownych znaków, linii i symboli umieszczane są na sporządzanych planach pracy.

2.5. Sprzęt pozostawiony w otworach

Pracownicy Działu Geologicznego, w oparciu o dane zgromadzone w JBDG, dla potrzeb każdego planu pracy sporządzają wykaz otworów wiertniczych zawierających sprzęt wiertniczy stanowiący zagrożenie dla pracy maszyn podstawowych. Wykaz zamieszczany jest na planie pracy, a dodatkowo otwory stanowiące zagrożenie oznaczane są stosownym symbolem.

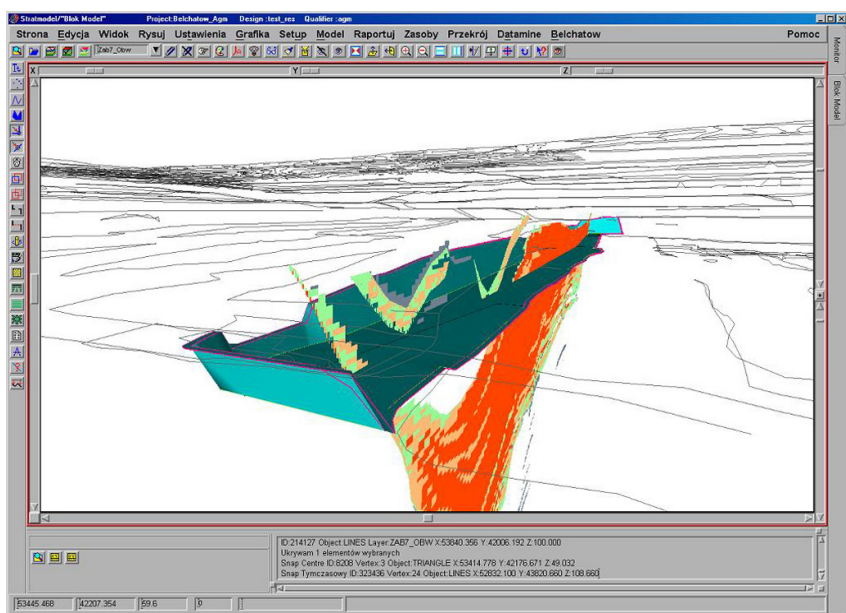
2.6. Opracowanie odpowiedniej technologii prowadzenia prac

W oparciu o aktualną budowę geologiczną i przy uwzględnieniu ww. projektowanych rejonów zagrożeń oraz utrudnień, a także uwzględniając parametry techniczne maszyn, długoterminowe projekty górnicze (projekt dyrektywny) oraz aktualny bilans energetyczny pracownicy Działu Technologii Górniczej opracowują szczegółową technologię pracy maszyny (końcowe położenie projektowanych skarp, nachylenie poziomów, kierunek eksploatacji itp.). Informacje, również w postaci tekstowej, zostają umieszczone na planie pracy.

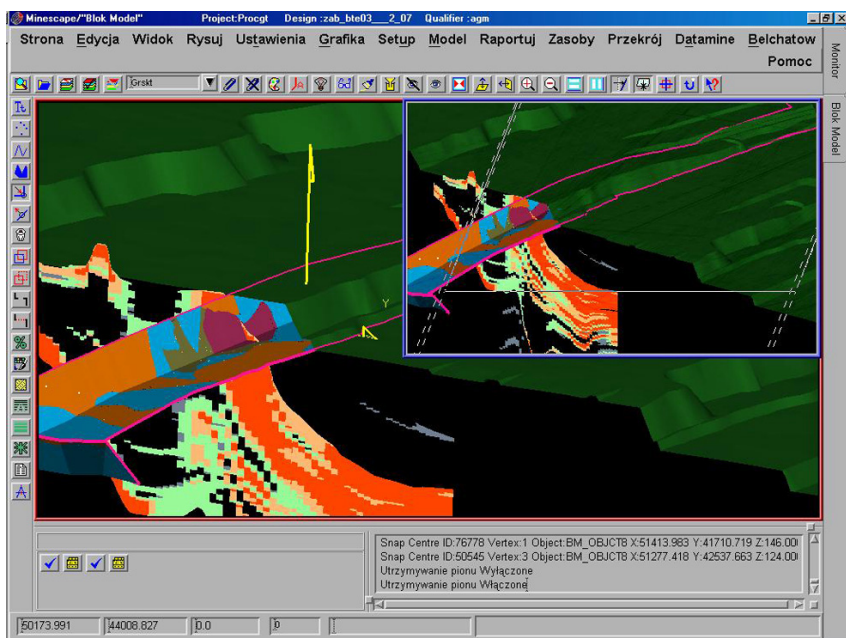
3. Plany Pracy wykonywane w systemie MineScape™

Wszystkie te opisane wyżej uwarunkowania skłoniły kopalnię do zakupu i wdrożenia nowego oprogramowania, umożliwiającego pracę służb Naczelnego Inżyniera Górniczego (Działu Technologii Górniczej, Działu Geologicznego, Działu Mierniczego) oraz górniczych służb ruchowych kopalni (DGG, NOW, COKR) w jednym zintegrowanym środowisku programowym. Takie możliwości daje oprogramowanie MineScape™ australijskiej firmy Mincom™. Oprogramowanie MineScape™ zawiera między innymi moduły do modelowania geologicznego oraz moduły do projektowania geometrii w trójwymiarowej przestrzeni. W trakcie projektowania geometrycznego system płynnie pozwala na wgląd do bazy danych geologicznych, modelu stratygraficznego, modelu plastowego i modelu blokowego złoża. Podczas projektowania program umożliwia projektantowi szybką kontrolę poprawności stworzonej geometrii bloków eksploatacyjnych poprzez możliwość płynnej zmiany nachylenia osi współrzędnych względem ekranu. Wydajna trójwymiarowa grafika systemu MineScape™ pozwala na szybkie znajdowanie i korektę błędów geometrycznych w dowolnym widoku na projektowany model (rys. 1 i 2).

W strukturze oprogramowania MineScape™ zarówno projektowanie długoterminowe, jak i projektowanie krótkoterminowe (operatywne) są nierozdzielnie ze sobą związane. Podstawą do projektowania operatywnego jest nazywany w strukturze programu MinScape™ tzw. projekt dyrektywny. Projekt dyrektywny zawiera w plikach graficznych geometrię każdego poziomu eksploatacyjnego od aktualnego (na czas tworzenia projektu) geodezyjnego stanu wyrobiska do końca projektowanej eksploatacji górniczej.



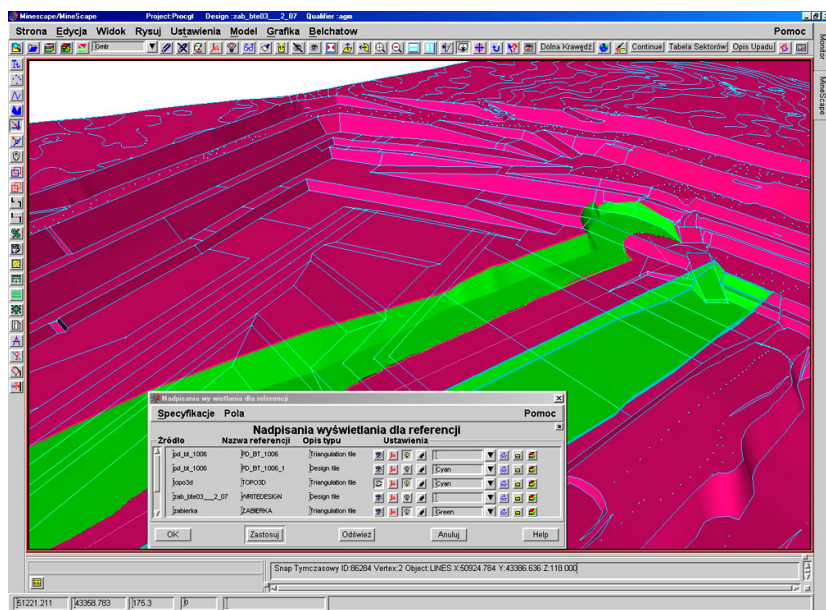
Rys. 1. Powierzchnia spągu zabierki wraz z podglądem modelu blokowego (kategorie węgla)



Rys. 2. Powierzchnia terenu wraz z powierzchnią spągu zabierki i przekrojem przez model blokowy złoża z zaznaczeniem kategorii węgla. Spąg zabierki wybarwiony na podstawie wychodni warstw stratygraficznych z modelu stratygrafii złoża

Każdy projektowany poziom eksploatacyjny zapisany jest w następującej strukturze danych:

- obwiednia poziomu;
- krawędzie i warstwie dna poziomu;
- stan „po przejściu” projektowanego poziomu. Stan ten powstaje poprzez zastąpienie w granicy obwiedni stanu geodezyjnego stanem projektowym (rys. 3).

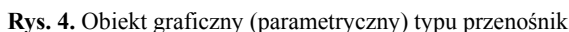


Rys. 3. Powierzchnia projektowa „po przejściu” poziomu bte03a wraz projektowanymi zabierkami. Powierzchnie projektowane spągów zabierek przejmują geometrię z powierzchni „po przejściu” poziomu

Projektowanie operatywne (zabierek) tzw. Planów Pracy maszyn podstawowych w systemie MineScape™ odbywa się na bazie jednolitego, opisanego wyżej projektu dyrektywnego, stanu geodezyjnego, danych zebranych przez technologa w terenie (stanu skarp roboczych przed przesuwką przenośnika w nowe położenie) oraz na podstawie bieżących ustaleń, wymagań i uwarunkowań technologicznych.

Zabierki projektuje się w odniesieniu do przenośnika przesuwного. W systemie MineScape™ przenośnik przesuwny zdefiniowany jest jako obiekt graficzny. Każdy typ przenośnika (B1800, B2250) oraz wymiary (długość przęsła, odległość przerw między przęsłami, długość i szerokość stacji napędowej i zwrotnej oraz inne wymiary geometryczne) zdefiniowane zostały w systemie za pomocą parametrów. Parametry te, podczas projektowania, w każdym momencie mogą być odtworzone z wykorzystaniem opcji odtworzenia specyfikacji formularza lub też w przypadku takiej konieczności edytowane (stworzenie nowego

- tworzenie nowego przenośnika na podstawie zdefiniowanych parametrów,
- zmiana nazwy i sposobu opisu,
- tworzenie nowego na podstawie istniejącego przenośnika,
- przesuwka przenośnika w nowe położenie na podstawie podanych parametrów przesuwki.



- 1) poprzez podanie w formularzu wielkości przesunięcia stacji napędowej mierzonej wzdłuż prętośnika stałego i wielkości przesunięcia stacji zwrotnej mierzonej prostopadłe do istniejącego prętośnika (przed przesuwką) oraz wielkości skrócenia lub wydłużenia prętośnika przesuw nego,
- 2) poprzez podanie w formularzu wielkości przesunięcia stacji napędowej i zwrotnej mierzonej prostopadłe do istniejącego prętośnika (przed przesuwką) oraz wielkości skrócenia lub wydłużenia prętośnika przesuw nego.

Po utworzeniu przenośnika w nowym położeniu generowana jest górna krawędź zabierki (rys. 5).

Krawędź ta tworzona jest przez system na podstawie następujących danych:

- wskazania uprzednio stworzonej linii referencyjnej, najczęściej pokrywającej się z osią przesuniętego przenośnika, lub wpisania z klawiatury jej współrzędnych X, Y;
- zdefiniowanych operacji wykonywanej przez koparkę w każdym z wierzchołków zdefiniowanej linii referencyjnej (rodzaj operacji, zasięg urabiania);
- nazwy pliku i warstwy graficznej zawierającej górne krawędzie skarp zbocza stałego północnego i południowego;
- nazwy warstwy, do której zostanie zapisana wygenerowana krawędź zabierki.

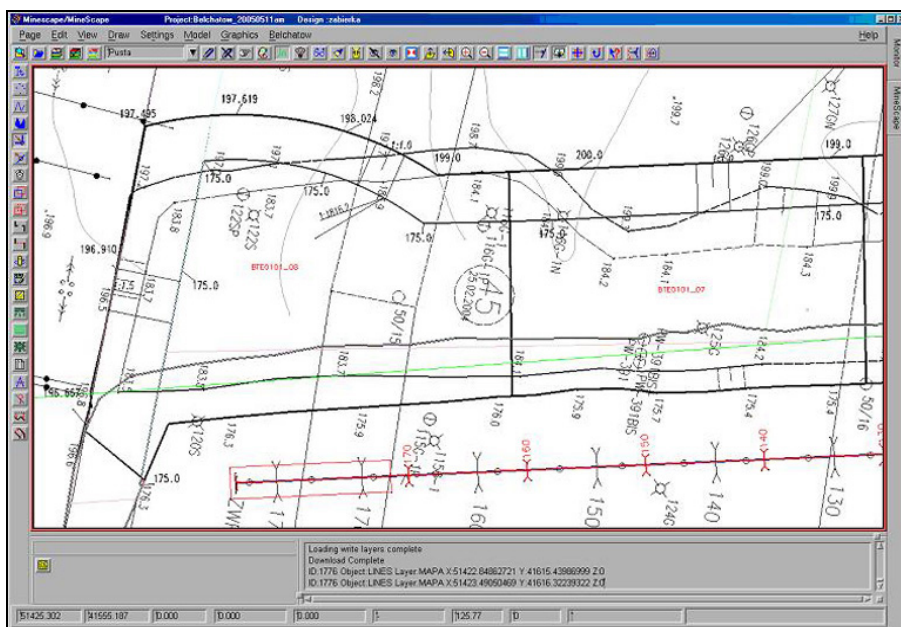
Efektom działania tej funkcji jest wygenerowanie górnej krawędzi zabierki zgodnie ze zdefiniowanymi operacjami w każdym wierzchołku linii referencyjnej. Na podstawie wygenerowanej krawędzi górnej, krawędzi projektowanych skarp stałych, zaktualizowanych krawędzi stanu wyjściowego przed rozpoczęciem urabiania z nowego położenia przenośnika, projektu dyrektywnego uprzednio wprowadzonego do struktury programu MineScape™ system tworzy dolną krawędź oraz obwiednie zabierki. W następnym kroku powstaje powierzchnia trójkątowa dna projektowanej zabierki. Po zaprojektowaniu geometrii zabierki (rys. 6) za pomocą funkcji systemu następuje podział zabierki na sektory. System od użytkownika wymaga wskazania wieloboku ograniczającego zaprojektowaną zabierkę (obwiednia zabierki stworzona w poprzednim kroku) oraz linii wyznaczających granice między sektorami. System automatycznie każdemu blokowi nadaje unikalną nazwę według konwencji nadawania nazw określonych przez użytkownika i w każdym sektorze oblicza zasoby.

Do projektowania zabierki wykorzystuje się stworzony przez programistów firmy Mincom™ następujący zestaw funkcji dostosowujących oprogramowanie do specyficznych potrzeb BOT KWB „Bełchatów” SA:

- projektowanie krawędzi zabierki,
- tworzenie geometrii zabierki,
- tworzenie powierzchni dna zabierki,
- podział zaprojektowanej zabierki na sektory eksploatacyjne.

W celu stworzenia grafiki mapowej i grafiki niezbędnej przy tworzeniu planów pracy stworzone zostały w systemie MineScape™ (rys. 7) następujące funkcje:

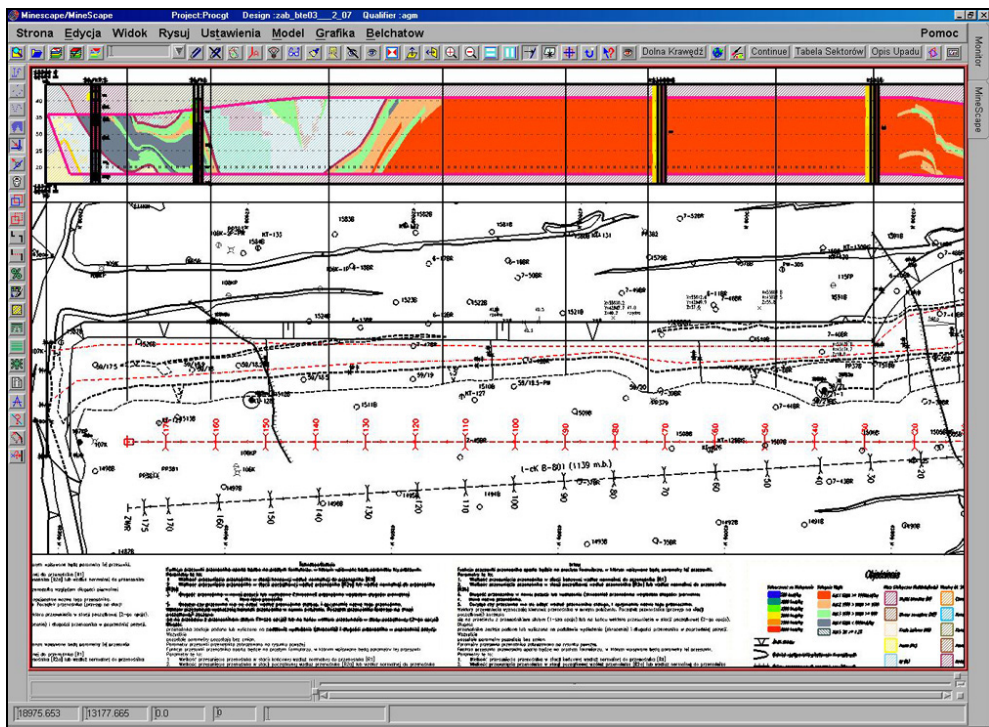
- rysowanie opisów punktów,
- oznaczenie nachylenia między dwoma dowolnie wybranymi punktami,
- rysowanie dolnej krawędzi skarpy o zadanym nachyleniu,
- oznaczenia skarp między krawędziami,
- konstruowanie tabeli opisującej sektory eksploatacyjne na planie pracy,
- funkcja umiejscawiania wykonanego przekroju na planie pracy,
- rysowanie tekstu w obszarze ograniczonym wielobokiem,
- opisywanie otworów w relacji do przenośnika.



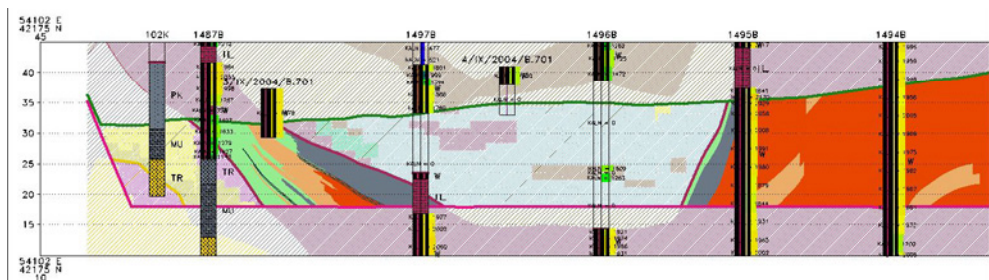
Końcowym etapem tworzenia planu pracy maszyny podstawowej jest integracja elementów graficznych i tekstowych powstałych na potrzeby konkretnego planu w Dziale Geologicznym i Technologii Górniczej (przekroje, wykaz otworów z pozostawionym sprzętem, opis zagrożeń, technologia urabiania itp.) (rys. 8 i 9).

Dla umożliwienia wymiany danych między użytkownikami projektu sieciowego, jednoznacznej lokalizacji zaprojektowanych zabierek, przyporządkowania odpowiednich powierzchni trójkątowych itp. przyjęto jednolite nazewnictwo (maksymalnie 12 znaków) obowiązujące w całym projekcie. Z uwagi na ilość tworzonych w systemie plików w różnych katalogach projektu przestrzeganie zaproponowanej konwencji nazewnictwa jest niezwykle ważne i konieczne.

Wszystkie zasoby w zaprojektowanych blokach eksploatacyjnych (dla zabierek i poszczególnych poziomów eksploatacyjnych do końca eksploatacji) przechowywane są w bazie danych zasobów systemu MineScape™. Baza Danych Zasobów (BDZ) jest zbiorem rekordów z których każdy zawiera dane o nazwie i zawartości bloku eksploatacyjnego. Użytkownik, na podstawie stworzonych w systemie specyfikacji, w szybki sposób może uzyskać raporty o zasobach w formacie zgodnym z określonymi wcześniej wymaganiami. System pozwala również na tworzenie map z przedstawieniem lokalizacji bloków i ich opisem zawierającym nazwę bloku, masy, tonaż w rozbiciu na kategorie jakościowe, parametry jakościowe uśrednione dla bloku itp.



Rys. 8. Wycinek elektronicznej wersji mapy planu pracy koparki stworzonego w środowisku graficznym MineScape™



Rys. 9. Fragment przekroju przez projektowaną zabierkę z zaznaczeniem kategorii węgla z modelu plastowego oraz litologią i kalorycznością przedstawionymi na otworach

Dla zapewnienia odpowiednich parametrów jakościowych i ilościowych węgla dostarczanego do elektrowni niezwykle ważne jest planowanie wydobywania dla koparek pracujących na różnych poziomach wydobywczych. Optymalizację pracy koparek prowadzi się poprzez rozpatrywanie różnych wariantów urabiania w czasie bloków eksploatacyjnych przez koparki na poziomach roboczych. Do tego celu wykorzystywany jest moduł Schedule

wchodzący w skład oprogramowania MineScape™. Dla potrzeb procesu harmonogramowania niezbędne jest określenie ilości koparek i kalendarzy ich pracy. Kalendarz stanowi źródło informacji o dostępności koparki w danym okresie (zmiana produkcyjna). Planowane przestoje w pracy, statystyczna informacja o nieplanowanych przestojach w pracy, dni wolne od pracy zdefiniowane są w kalendarzu pracy koparki, co pozwala na późniejszym etapie symulować jej postęp w czasie. Dane z przebiegu wariantów urabiania przechowywane są w Bazie Danych Transakcji będącej zbiorem rekordów, z których każdy zawiera dane o czasie, bloku eksploatacyjnym, ilości poszczególnych rodzajów urobku który został urobiony z bloku w wyniku pracy koparki, oraz czas, jaki upłynął, kiedy koparka z określoną wydajnością wybierała urobek z bloku eksploatacyjnego. Na podstawie stworzonych szablonów generowane są raporty obrazujące planowane wielkości wydobywania w kolejnych okresach czasu w zadanych formatach.

LITERATURA

- [1] Projekt wdrożenia systemu MineScape wspomagającego geologiczno-techniczną obsługę KWB „Bełchatów” SA. Materiał archiwalny BOT KWB „Bełchatów” SA (praca niepublikowana)
- [2] *Gądek A., Sośniak E.*: Wspomaganie komputerowe planowania robót górniczych — Mincom. IV Międzynarodowy Kongres Górnictwo Węgla Brunatnego, Bełchatów, 6–8 czerwca 2005
- [3] Cyfrowy model stratygraficzny i jakościowy złoża węgla brunatnego stworzony przy użyciu oprogramowania górniczego „MineScape” firmy Mincom. Górnictwo Odkrywkowe, nr 1–2, 2006