

## WYKORZYSTANIE SPRZĘTU GEODEZYJNEGO DO PROFILOWANIA I KARTOWANIA GEOLOGICZNEGO NA PRZYKŁADZIE KWB TURÓW

### THE USE OF GEODETIC EQUIPMENT TO THE PROFILING AND GEOLOGICAL MAPPING ON THE EXAMPLE OF TURÓW OPEN CAST MINE

Jan Wiśniewski, Ewa Dąbrowska, Małgorzata Milkowska-Sidor - PGE GiEK S.A. O/KWB Turów

*Postęp technologiczny i techniczny, a przede wszystkim rozwój informatyczny nastąpił również w geologii górniczej. Przykładem tego są m.in. narzędzia wykorzystywane do prac kartograficznych przez geologów firmy PGE GiEK S.A. O/KWB Turów. W celu usprawnienia prac terenowych i dostosowania ich wyników do cyfrowej obróbki danych wdrożono do użytku zaawansowany sprzęt geodezyjny: odbiornik GPS oraz fototachimetr Leica TS-15.*

*Profilowania i kartowania skarp oraz poziomów roboczych wykonywane są bezpiecznie, szybko i z większą dokładnością. Artykuł omawia etapy zmian metody pomiarów terenowych.*

**Słowa kluczowe:** profilowanie skarp roboczych, kartowanie, tachimetr, odbiornik GPS, pomiar bezlustrowy

*Technological and technical progress and IT development, as also occurred in mining geology, as evidenced by the work of geologist from PGE GiEK S.A. O/KWB Turów. In order to improve fieldwork and adjustment of results to digital data processing implemented for use advanced geodetic equipment: GPS receiver and the Leica TS-15.*

*Profiling and mapping slopes and working levels are exercised safely, quickly and precisely. The article discusses the steps in changing of field measurement method.*

**Keywords:** profiling working slopes, mapping, total station, GPS receiver, reflectorless measurement

#### Wprowadzenie

Zadania służby geologicznej w zakładzie górniczym określają przepisy ustawy Prawo geologiczne i górnicze (pgig, Dz.U.2011.163.981 ze zm.) [3] oraz rozporządzenia wynikające z przepisów tej ustawy: Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 roku w sprawie szczegółowych warunków prowadzenia ruchu odkrywkowego zakładu górniczego [4] oraz Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 października 2015 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej [3]. Jedną z głównych czynności geologa górniczego są prace terenowe zmierzające do rozpoznania geologicznego i dokumentowania złoża, rejestracja elementów i zjawisk geologicznych oraz hydrogeologicznych w złożu i górotworze.

Obserwowany w ostatnich latach rozwój technologii pomiarowych znajduje swoje odzwierciedlenie również w geologii górniczej. Niniejszy artykuł przedstawia możliwości wykorzystania przez geologów nowoczesnego sprzętu geodezyjnego w trudnych, kopalnianych warunkach zakładu górniczego, w którym prowadzi się eksploatację systemem odkrywkowym.

#### Pomiary zjawisk geologicznych w kopalni Turów

W kopalni odkrywkowej podstawową metodą dokumentowania i aktualizacji budowy, formy i sposobu załęgania złoża jest profilowanie i kartowanie skarp wyrobiska, poziomów roboczych oraz profilowanie otworów wiertniczych. Rejestrowane są w ten

sposób wszelkie istotne szczegóły budowy geologicznej złoża:

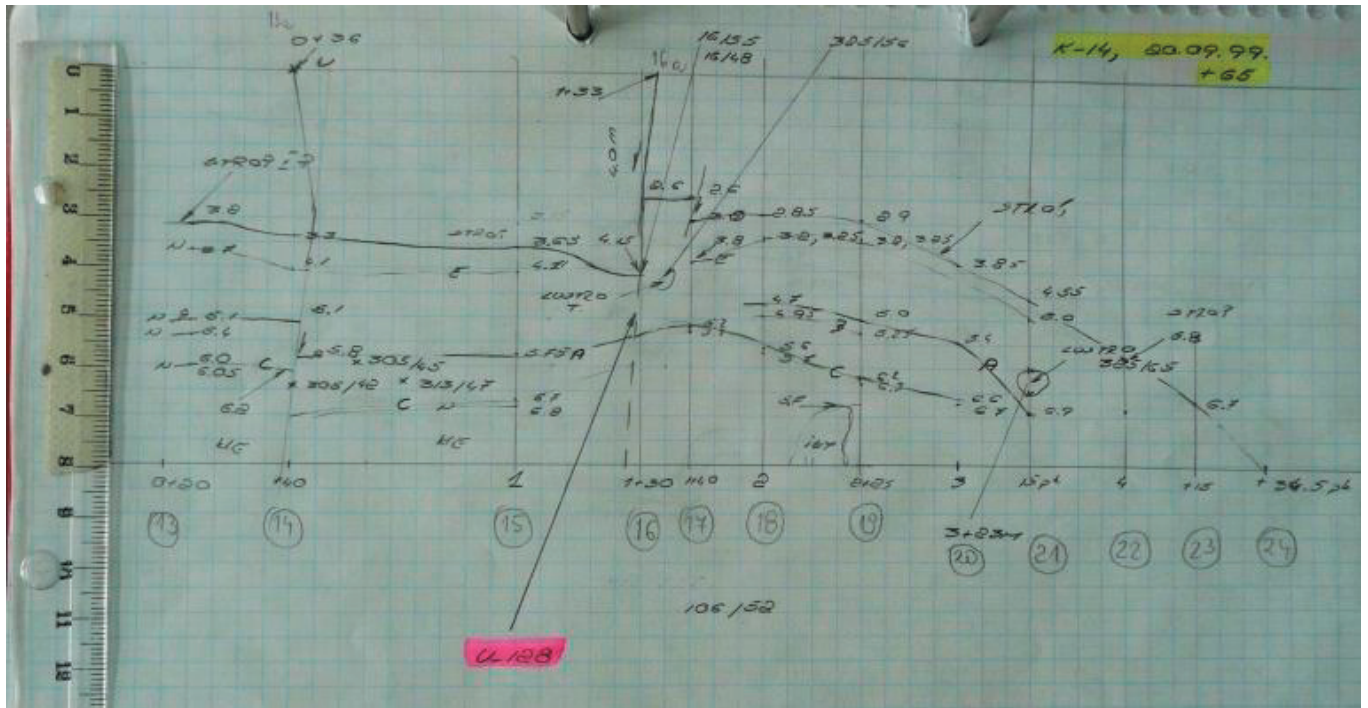
- powierzchnie strukturalne: spągi i stropy pokładów – geologiczne i bilansowe,
- stropy i spągi warstw wydzielonych w pokładzie,
- utwory zawęglone,
- istotne przerosty płonne,
- zaburzenia tektoniczne: uskoki, spękania, zafałdowania,
- ławy syderytowe.

Przeważająca część tych pomiarów realizowana jest podczas comiesięcznej kontroli skarp wyrobiska. Kartowania są zintegrowane czasowo z tzw. „odbiorami robót eksploatacyjnych” realizowanymi przez służbę mierniczą kopalni. Ważne jest, aby wyniki prac terenowych geologów były przedstawione na aktualnym podkładzie geodezyjnym. Połączone opracowania danych geologicznych i mierniczych służą do projektowania bieżącej eksploatacji.

#### Profilowanie skarp poziomów roboczych

*Profilowanie przy wykorzystaniu taśmy i ołówka lub linijki*

Bieżące kartowanie geologiczne ścian węglowych i mieszanym wprowadzono w latach siedemdziesiątych ubiegłego stulecia. Polegało ono na oznaczaniu za pomocą linijki i taśmy proporcji miąższości i położenia na ścianie wydzielonych makroskopowo warstw węgla, przerostów, uskoków i innych elementów budowy geologicznej (rys. 1). Wykonanie takiego profilu wymagało określenia miejsca dokonania pomiaru oraz wykonania zdjęcia skarpy. Pierwszy warunek był spełniony

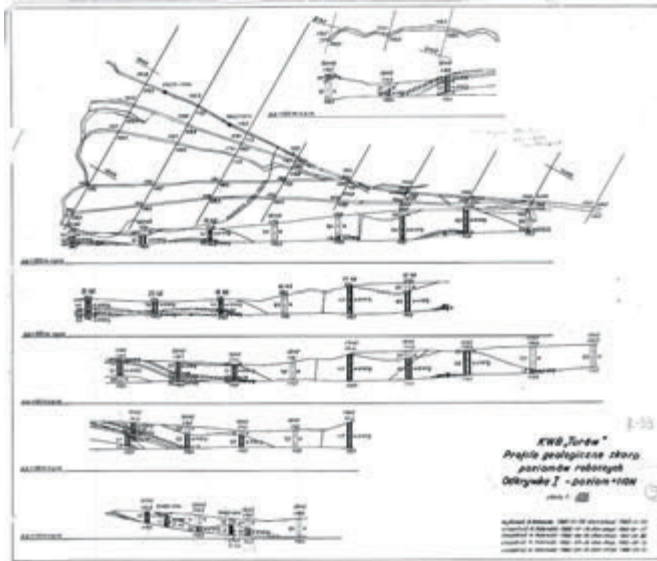


Rys. 1. Szcic terenowy wykonany podczas profilowania z użyciem taśmy i linijki  
Fig. 1. Field sketch made during profiling with tape and ruler

poprzez ustalenie pozycji wzdłuż przenośnika taśmowego, skarpy lub rowu z użyciem taśmy mierniczej. W tej lokalizacji geolog szkicował widok ściany stosując podział skarpy na równe części, a następnie w ramach prac kameralnych sporządzał profil korzystając z wykonanej przez dział mierniczy mapy wyrobisk górniczych. Błąd pomiaru zależał przede wszystkim od doświadczenia i dokładności profilującego (rys. 2).

#### Zastosowanie odbiornika GPS

Na początku XXI wieku wprowadzono odbiorniki GPS, przy użyciu których, z dużą dokładnością dokonywano pomiaru w terenie lub określano współrzędne profilowanego miejsca. Tym samym częściowo zrezygnowano z kłopotliwych taśm mierniczych, których używano jeszcze do domiarów.



Rys. 2. Profile skarpy roboczych wykonane metodą tradycyjną  
– lata 80. XX wieku

Fig. 2. Profile of the elevation of the slopes by traditional method  
– the 80's of the XX century

Jeden z geologów ustawiał odbiornik GPS w bezpiecznej odległości od profilowanej skarpy, natomiast drugi profilował stosując metody tradycyjne (rys. 3).

#### Wdrożenie zestawu pomiarowego odbiornik GPS + dalmierz laserowy

Kolejnym etapem wprowadzania innowacji w KWB Turów było zastosowanie dalmierzy laserowych. Stosowano następujące zestawy pomiarowe:

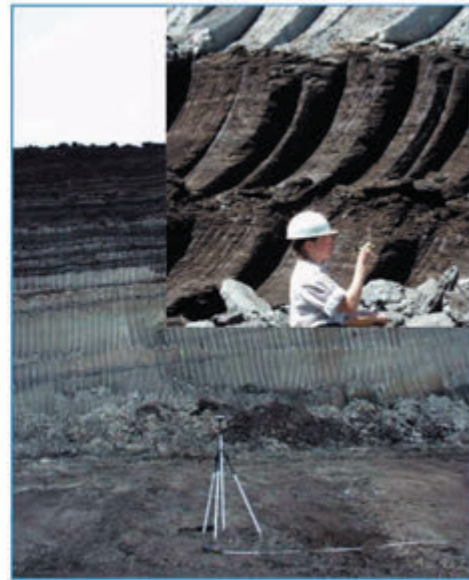
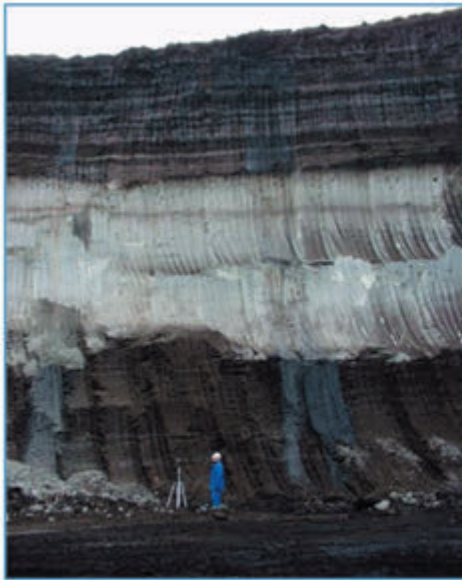
- GPS SCA-12 z dalmierzem laserowym Laser Atlanta,
- GPS Z-Max z dalmierzem Laser Atlanta.

Odbiornik GPS określał współrzędne anteny, natomiast dalmierz laserowy rejestrował dane terenowe (rys. 4, 5). W efekcie współpracy obu urządzeń zestawu uzyskiwano informację o współrzędnych mierzonego obiektu. Dane były zapisywane w odbiorniku GPS. Mierzonym elementom budowy geologicznej przyporządkowano kody wraz z opisami. Stworzoną w ten sposób listę kodów instalowano w urządzeniu i wykorzystywano do nazywania mierzonych punktów pomiarowych, co pozwoliło na przyspieszenie prac terenowych i prostą identyfikację tych punktów podczas tworzenia profili skarpy roboczych na etapie prac kameralnych.

Zaletą bezzwierciadłowego pomiaru dalmierzem było pozyskiwanie danych z miejsc trudno dostępnych, często niebezpiecznych. Bardzo dużym postępowaniem, z punktu widzenia dalszych prac kameralnych i wykorzystania profilowania do aktualizacji budowy geologicznej, był sposób zapisywania efektów pomiarów. Nie był to już szkicownik z rysunkiem skarpy, a zbiór punktów, które w prosty sposób można przenieść do środowiska graficznego.

Wadą - dość kłopotliwe połączenia kablowe, zbyt mała stabilność urządzenia, możliwość zakłóceń odbioru sygnału przez inne stalowe urządzenia np. konstrukcje i maszyny wytwarzające pole magnetyczne oraz konieczność częstej zmiany i pozycjonowania stanowiska profilowania, ze względu na mały zasięg kątowny dalmierza.





Rys.3. Odbiornik GPS wyznaczający miejsce profilowane - z prawej domiar taśmą mierniczą, tradycyjny sposób profilowania „na oko”  
Fig. 3. GPS receiver designating a profiled place – on the right traditional way of profiling “on face of it” using a measuring tape



Rys. 4. Zestaw pomiarowy: odbiornik GPS SCA-12 + dalmierz laserowy  
Fig. 4. Measuring set: SCA-12 GPS receiver + laser rangefinder

Rysunek 5 ilustruje jeszcze jedną z wad stosowanego zestawu tj. jego wysokość, która utrudniała jego montaż pracownikom .

#### *Wdrożenie tachimetrów elektronicznych bezlustrowych*

Ze względu na powyższe niedogodności w dalszym ciągu poszukiwano optymalnego sposobu kartowania i profilowania zapewniającego dużą dokładność oraz szybkość wykonywania pomiarów. Jednym z ważnych kryteriów była również możliwość sprawnego zasilenia platformy graficznej i bazy danych wynikami prac terenowych.

Od roku 2008 wdrożono profilowanie, wykonywane za pomocą tachimetru z dalmierzem bezlustrowy. Urządzenie umożliwia pomiar szczegółów na skarpie z błędem położenia punktu mniejszym niż 0,1m [1]. Zasięg pomiaru pierwszego tachimetru wynosił ok. 300 m. Oczywiście, przy odpowiednich warunkach pogodowych – dobrej widoczności, bez opadów i przy niedużym nasłonecznieniu.

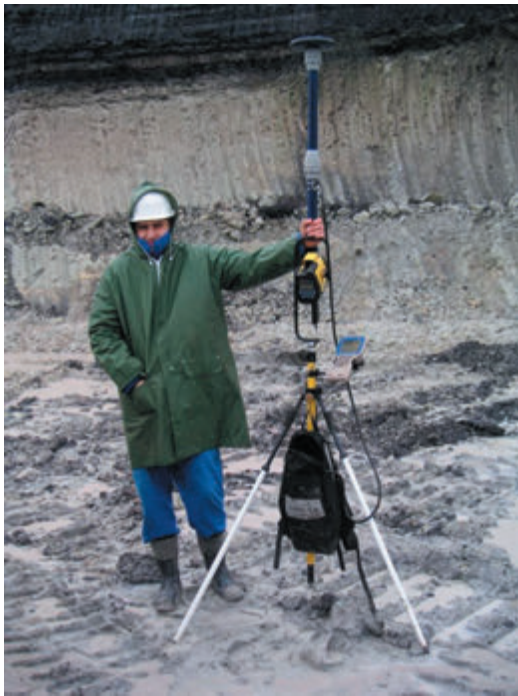
Tachimetr spełniał wymagania dotyczące prac geodezyjnych i geologicznych określone w rozporządzeniu MŚ

w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej [2]. Posiada wymagane świadectwo wzorcowania dalmierza, dlatego szybko został wdrożony do pracy w dziale geologicznym.

W 2013 roku został zakupiony nowy tachimetr Leica TS-15 z serwowmotorem (rys. 6). Ten element tachimetru zdecydowanie ułatwił pracę geologowi. Pomiar miejsca stanowiska okazał się dużo łatwiejszy, ponieważ po zmierzeniu dwóch punktów osnowy serwowmotor pomaga w odnalezieniu pozostałych punktów nawiązania.

Zasięg pomiaru odległości, bez reflektorów nowym sprzętem, w zależności od warunków pogodowych i rodzaju powierzchni mierzonego obiektu, wynosi od 1,5m do 1000 m [1]. Niekorzystne, niestety, jest silne nasłonecznienie i związane z tym drgania gorącego powietrza. W takich warunkach zasięg pomiaru ulega zmniejszeniu do 150 metrów. Podobne utrudnienia występują podczas ulewnego deszczu, mgły lub opadów śniegu ponieważ mierzy pierwszy napotkany obiekt. Oprogramowanie pozwala na bieżący podgląd pomiarów w części mapowej i w ten sposób już w terenie można sprawdzić poprawność pomiaru.





Rys. 5. Zestaw pomiarowy: odbiornik GPS Z-max + dalmierz laserowy- stojący obok pracownik ma ok. 1,95m wzrostu  
 Fig. 5. Measuring set: Z-Max GPS receiver + laser rangefinder. An employee standing near has almost 1,95 meters high.

Podobnie jak w przypadku pracy z zestawem dalmierz laserowy+GPS, w tachimetrze stosuje się taką samą identyfikację mierzonych elementów za pomocą oznaczeń kodowych (rys. 7).

Kolejnym ułatwieniem było zainstalowanie oprogramowania firmowego stanowiącego wspólną platformę programową dla tachimetrów i odbiorników GNSS (rys. 7).

Program SmartWorx-Viva, to bardzo prosta w obsłudze aplikacja, jednocześnie udostępniająca wiele wyspecjalizowanych modułów np. skanowanie małych powierzchni, możliwość wizualizacji pomiarów poprzez wykonanie zdjęcia, na które dodatkowo można nanieść własne uwagi (rys. 8).

Innym sposobem dokumentowania prac terenowych za pomocą tachimetru TS15 jest zdjęcie panoramiczne uzyskane z wykonanych seryjnie, automatycznie połączonych zdjęć (rys. 9).

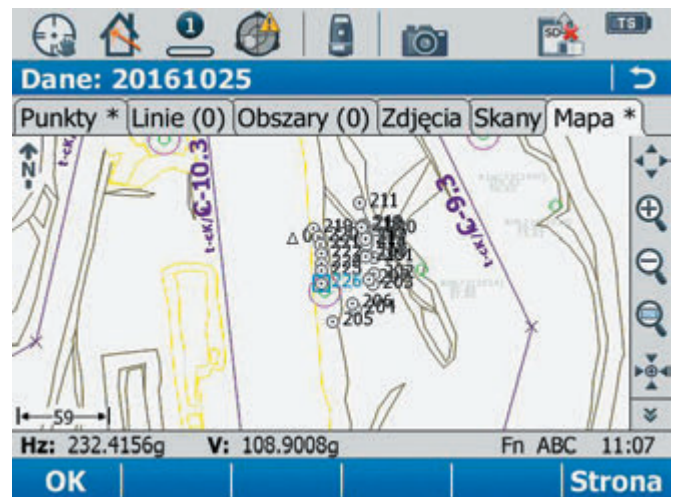
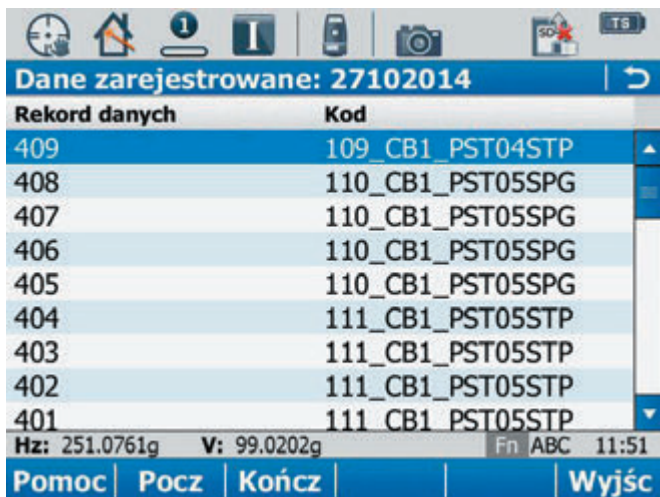
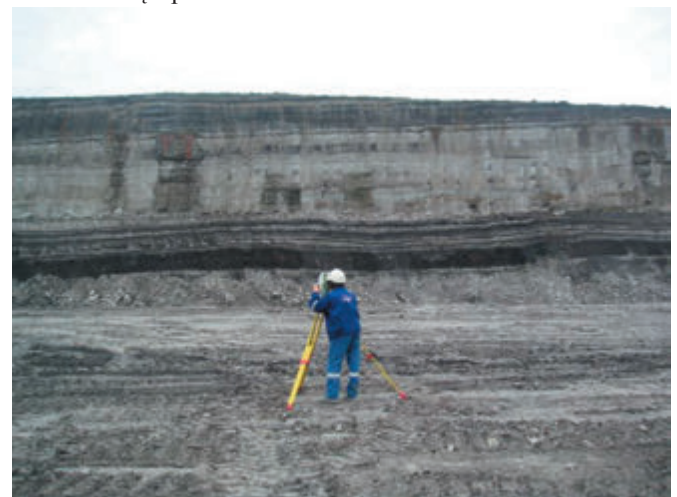
**Kartowanie poziomów roboczych**

Pozyskiwanie informacji o budowie złoża odbywa się również poprzez pomiary na poziomach roboczych. Istnieje duża analogia metodyki wykonywania tego typu pomiarów do profilowania skarp roboczych. Do XX wieku określano lokalizację względem obiektów widocznych na mapie wyrobisk górniczych. To ograniczało możliwość lokalizacji pomierzonych punktów na mapie.

Z chwilą wprowadzenia odbiorników GPS kartowanie stało



Rys. 6. Tachimetr elektroniczny Leica TS-15 – profilowanie skarp roboczych  
 Fig. 6. LeicaTS-15 Total Station – profiling of the working slopes

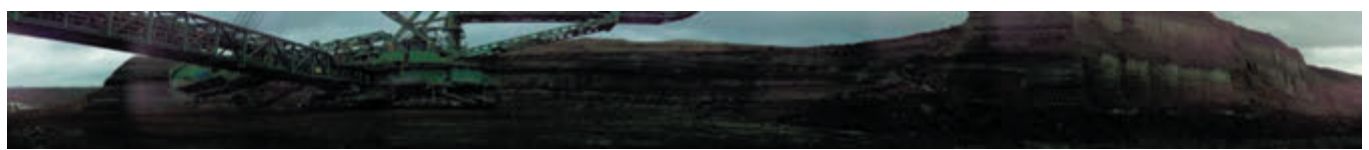


Rys. 7. Okno programu Smart Worx Viva: lista kodów i wyświetlone pomierzone punkty na tle mapy wyrobisk  
 Fig. 7. Smart Worx Viva window: code list and displayed measured points on the background of mining map

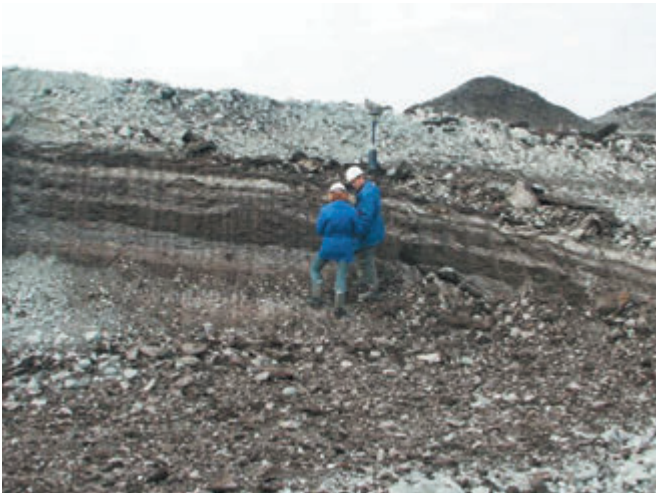




Rys. 8. Zdjęcie wykonane kamerą tachimetru - zaznaczone punkty mierzone  
Fig. 8. Photo taken with the Leica Total Station (marked measured points)



Rys. 9. Panoramiczne zdjęcie uzyskane przy pomocy tachimetru  
Fig. 9. Panoramic photo taken with the Leica Total Station



Rys. 10. Pomiary geologiczne odbiornikiem GPS Z-Max i Leica Viva GS15  
Fig. 10. Geological measurements Z-Max GPS and Leica Viva GS15



się dużo łatwiejsze i precyzyjne (rys. 10, 11). Ograniczenie stanowią jedynie warunki terenowe i techniczne urządzenia GPS.

Pomiary wykonywane są w wyrobiskach oraz w łatwo dostępnych i bezpiecznych miejscach na skarpach. Wynika to z możliwości szybszego wykonania kilku pomiarów samym odbiornikiem GPS niż tachimetrem.

Dzięki zastosowaniu poprawki RTK i przeliczeniom wykonywanym w urządzeniu, uzyskuje się dokładne współrzędne w lokalnym układzie odniesienia, który obowiązuje w Kopalni Turów.

#### ***Inne zastosowania sprzętu geodezyjnego***

W niniejszym artykule skoncentrowano się na zadaniach pomiarowych sekcji złożowej. Odbiornik GPS jest także bardzo często wykorzystywany w realizacji innych zadań służby geologicznej m.in. do:

- lokalizacji zasypanych otworów wiertniczych,

- wyznaczania miejsca wiercenia otworów,
- powierzchniowego kartowania hydrogeologicznego,
- tyczenia przebiegu uskoku na poziomach roboczych,
- pomiarów geotechnicznych (np. przebiegu szczelin, uskoku itp.).

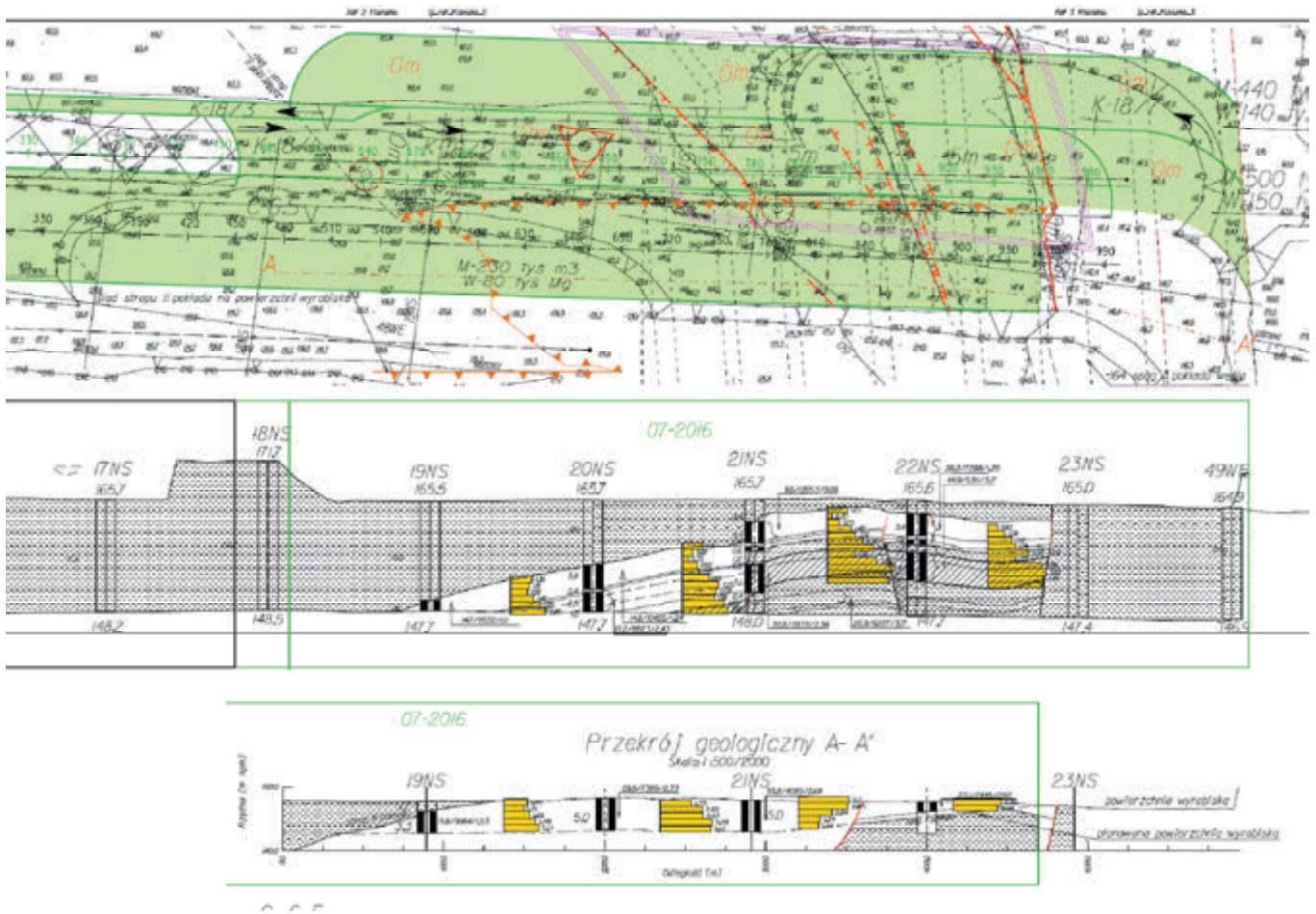
Zarówno w sekcji hydrogeologicznej jak i geotechnicznej odbiornik GPS stał się nieodzownym narzędziem pracy. Dodatkowym atutem jest możliwość podglądu w terenie pomiarów górniczych, poprzez połączenie GPS z komputerem terenowym. Na mapie wyrobisk górniczych wyświetlonej na ekranie, widoczna jest lokalizacja odbiornika GPS. Można również wykorzystać w pełni możliwości platformy graficznej MicroStation do współpracy z odbiornikiem GPS.

Do podglądu sytuacji w terenie zastosowano również rozwiązanie mobilnego GIS-u, dzięki któremu podczas prac terenowych uzyskuje się informacje z bazy danych o otworach: np. litologii, analizach fizykochemicznych, zafiltrowaniu itp.





Rys.11. Kartowanie geologiczne poziomów roboczych z zastosowaniem odbiornika GPS  
 Fig. 11. Geological mapping using the GPS receiver



Rys 12. Fragment programu pracy maszyn podstawowych  
 Fig. 12. The part of schedule of excavator

**Wykorzystanie danych pozyskanych podczas pomiarów terenowych**

Informacje pozyskane w terenie podczas profilowania lub kartowania otrzymujemy w formie pliku tekstowego. Następnie przenoszone są one do środowiska graficznego i wykorzystywane do rysowania profili otworów i aktualizacji cyfrowych modeli powierzchni strukturalnych. Te materiały są niezbędne do projektowania eksploatacji (rys. 12).

To kolejna zaleta powiązania zbierania danych geologicznych z zapisem cyfrowym ich współrzędnych. Tym samym

rezygnowano ze skanowania i digitalizacji tradycyjnych profili skarp. Dane dotyczące otworów wiertniczych zasilają kopalnianą bazę danych geologicznych.

**Podsumowanie**

Rosnące wymagania odbiorców odnośnie węgla brunatnego oraz prawne aspekty związane z ochroną środowiska wymuszają podnoszenie jakości i dokładności dokumentowania budowy geologicznej złoża. Wprowadzenie do powszechnego użytku, w Dziale Geologicznym kopalni Turów, zaawansowanego sprzętu

geodezyjnego zoptymalizowało szereg zadań związanych z obsługą geologiczną kopalni. Wykluczono tym samym wiele błędów pomiarowych powstających podczas tradycyjnego sposobu pomiaru. W zdecydowany sposób zwiększyło się również bezpieczeństwo wykonywania prac terenowych.

Z chwilą wdrożenia Górniczego Systemu Informacyjnego w Kopalni Turów nieocenioną korzyścią jest cyfrowa postać danych pozyskanych w wyniku profilowania i kartowania.

Wszystkie zebrane informacje przechowywane są w postaci zabezpieczonych plików lub w bazie danych, dzięki czemu możliwa jest szybka aktualizacja m.in. budowy geologicznej i sprawne przekazywanie tych informacji zainteresowanym służbom górniczym.

## Literatura

- [1] *Leica TS11/TS15 Instrukcja obsługi*
- [2] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 28 października 2015 r. w sprawie dokumentacji mierniczo-geologicznej (Dz.U. 2015 nr 0 poz. 1941)*
- [3] *Prawo geologiczne i górnicze z dnia 9 czerwca 2011 r. (Dz.U.2011.163.981 ze zm.)*
- [4] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 kwietnia 2013 r. w sprawie szczegółowych warunków prowadzenia ruchu odkrywkowego zakładu górniczego*



Fot. Andrzej Borowicz

Widok na kopalnię Nochten