



Koncepcja zintegrowanego monitoringu strukturalnego na przykładzie systemu kontrolno-pomiarowego Leica GeoMoS

Krzysztof Karsznia, Krystian Portasiak

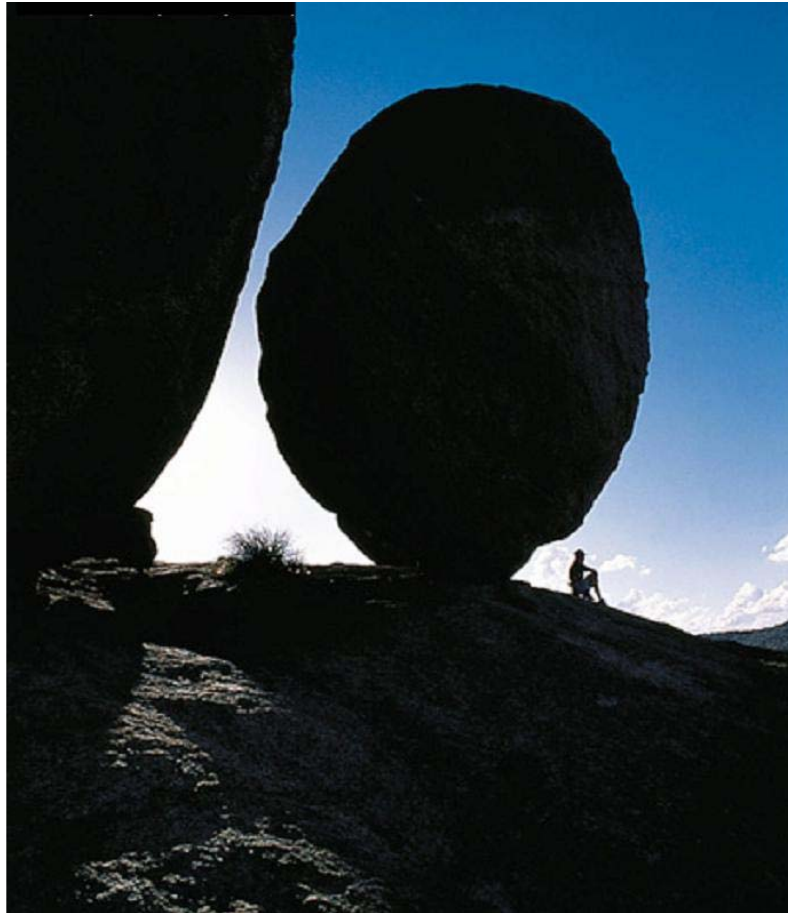
Leica Geosystems Sp. z o.o.

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems



Systemy monitoringu strukturalnego Leica Geosystems

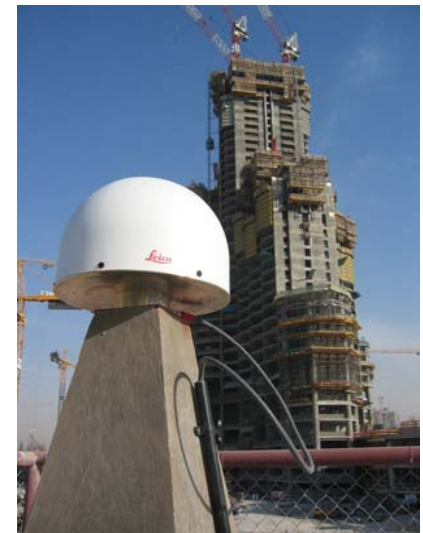


- Informacje wstępne
 - Główne segmenty wdrożeń
 - Historia systemów monitoringu
 - Monitoring geodezyjny
 - Monitoring geotechniczny
- Komponenty systemów monitoringu
- Oprogramowanie do monitoringu
 - System GeoMoS
 - Program Spider
 - Program GNSS QC



Główne segmenty wdrożeń od tuneli po drapacze chmur

- Budowa tuneli i autostrad
- Miejsca zagrożone przemieszczeniami i osuwiskami
- Tereny zurbanizowane
- Linie kolejowe i drogi
- Budowy
- Struktury geotechniczne
- Obiekty inżynierskie





Główne segmenty wdrożeń

Zapory i osuwiska

- Sprawne określanie istniejących zagrożeń i zarządzanie ryzykiem
- Badanie stabilności zapór oraz terenów do nich przyległych
- Określanie wielkości przemieszczeń skarp zbiorników wodnych





Główne segmenty wdrożeń

Budownictwo

- Analiza zagrożeń związanych z deformacjami terenów zurbanizowanych
- Budowy wysokościowców; analiza stabilności terenów przyległych
- Badanie przemieszczeń i odkształceń obiektów wysokich oraz wysmukłych



Główne segmenty wdrożeń

Obiekty geotechniczne

- Analiza 3D przemieszczeń skarp oraz kontrola stabilności obiektów (predykcja zdarzeń)
- Zarządzanie zagrożeniami oraz ustalanie warunków bezpieczeństwa pracy ludzi oraz maszyn
- Długookresowe pomiary 3D punktów kontrolnych – badanie ich stabilności





Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Rys historyczny

- 1973 kamera z wyzwalaczem czasowym
- 1990 System APS DLL DOS
- 1991 „Vicosoprano” – tylko pomiary EDM
- 1994 – 2001 System APSWin
- 1998 Tachimetr TCA2003

Automatyczne rozpoznawanie celu ATR

- 2001 – 2006 System GeoMoS
- 2005 Spider GPS, odbiornik do monitoringu GMX902

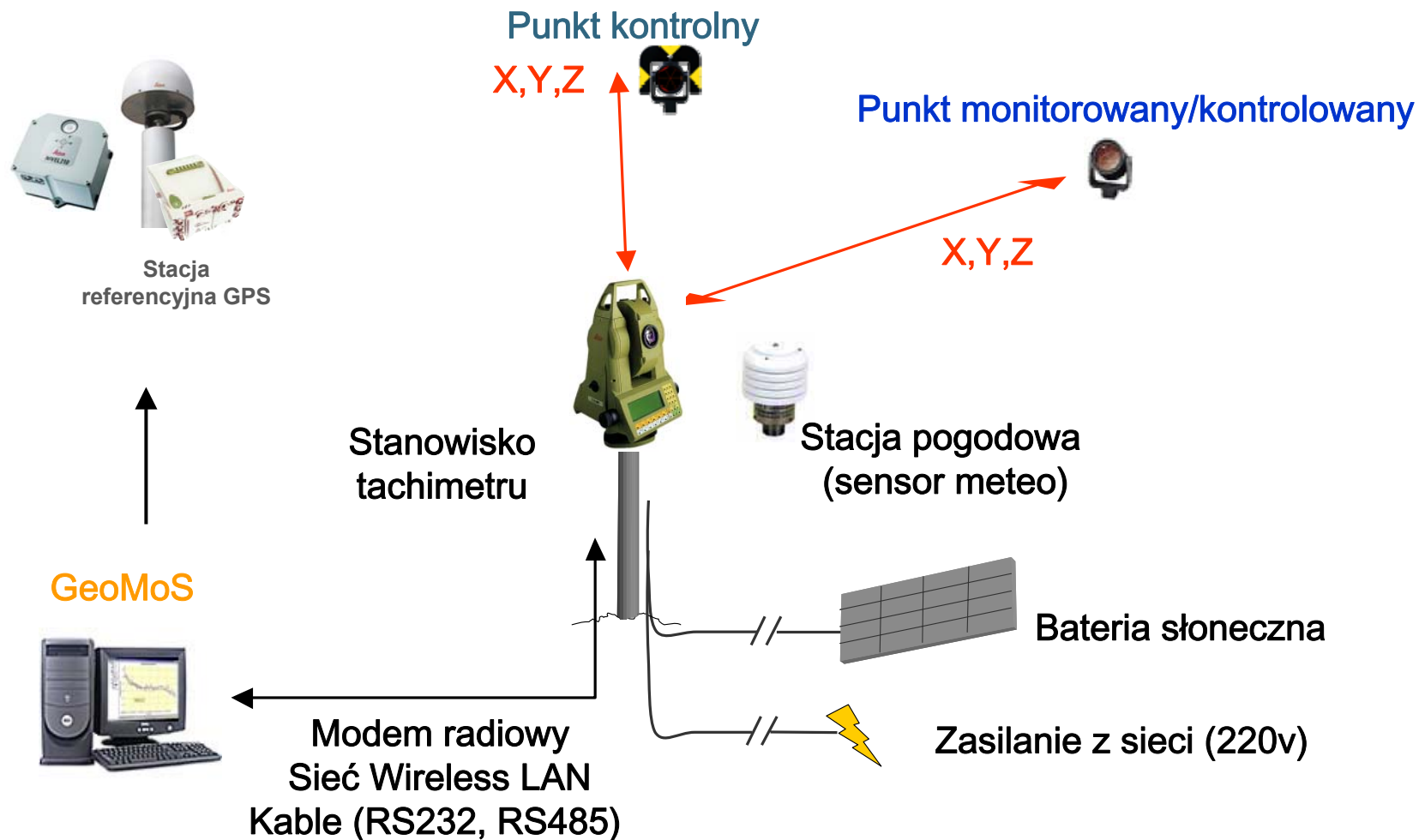


Abb. 4-3: LEICA TM3000V



Systemy monitoringu strukturalnego Leica

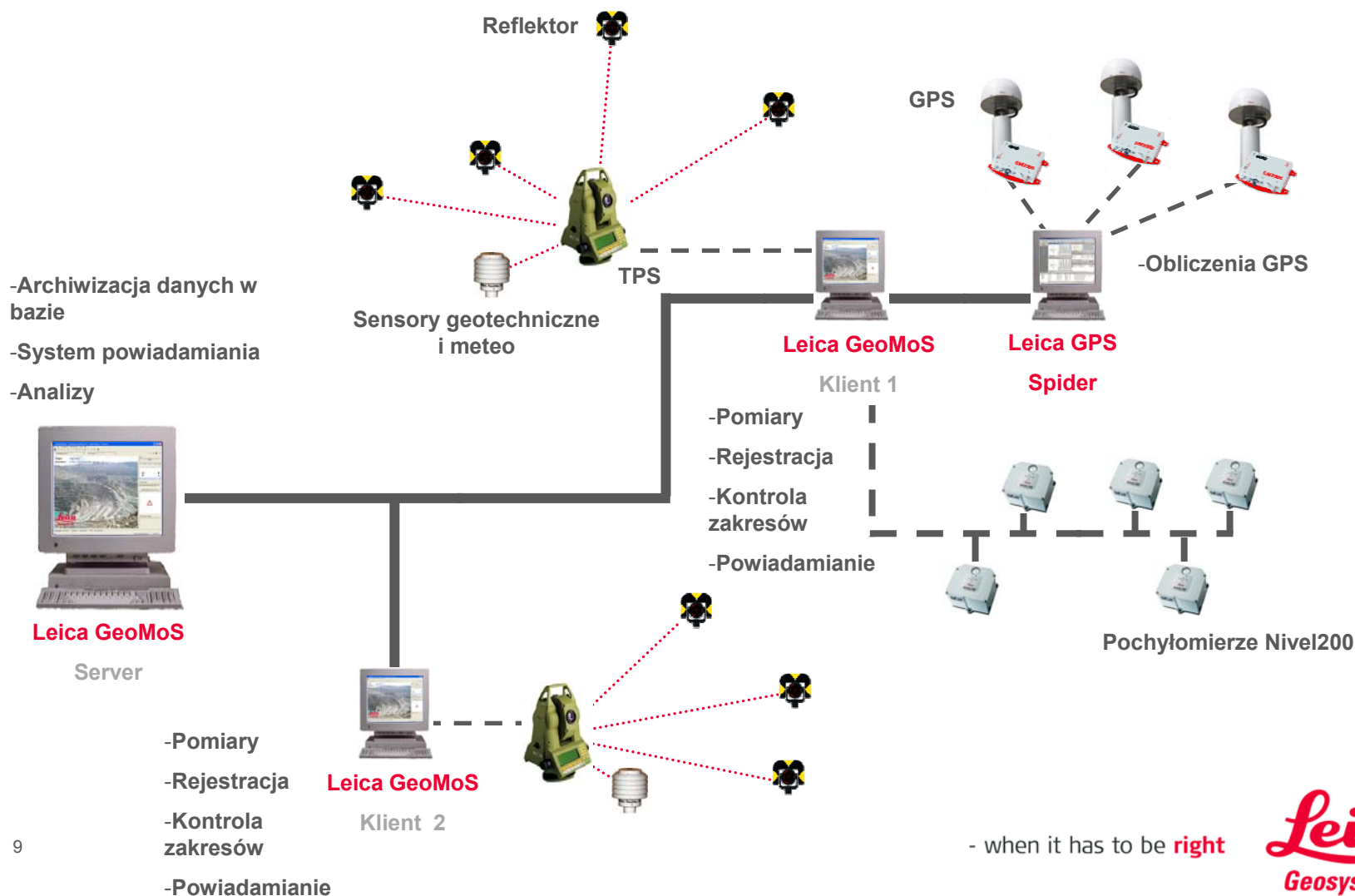
Główne komponenty





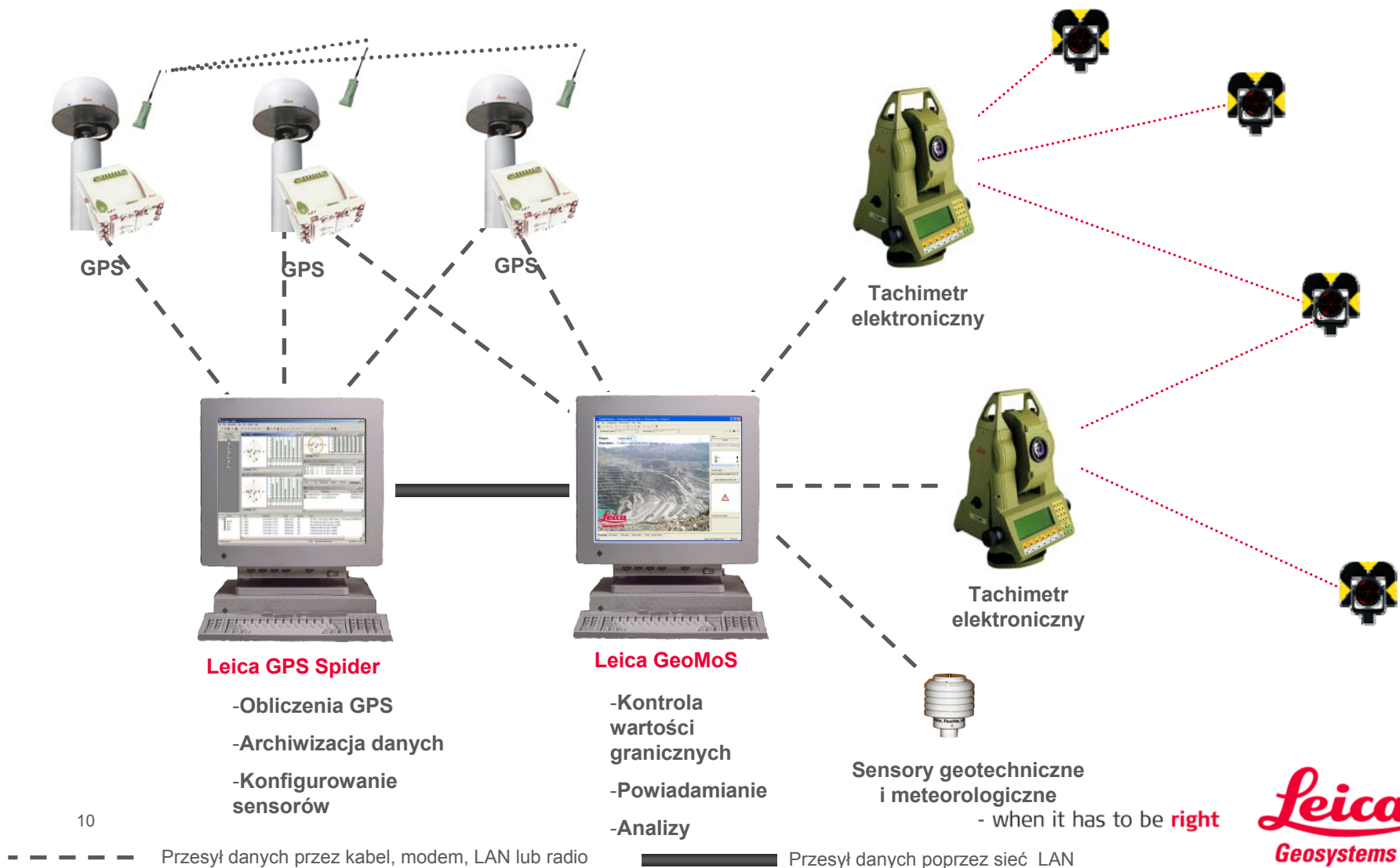
Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Zintegrowana praca wielu sensorów





Wspólna praca programów GeoMoS i Spider

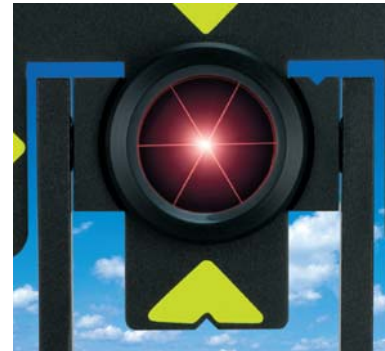




Systemy monitoringu strukturalnego Leica

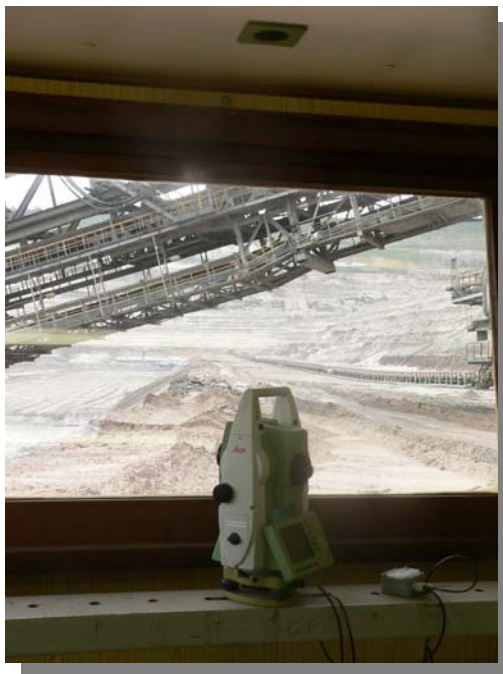
Sensory geodezyjne

- Precyzyjne tachimetry elektroniczne
 - dokładności pomiaru kątów na poziomie $\pm 1''$
 - dokładności pomiaru odległości na poziomie $\pm 1\text{mm}$
- Odbiorniki satelitarne GPS/GNSS
 - monitoring długookresowy (odbiorniki jedno i dwuczęstotliwościowe)
 - stacje referencyjne
- Pomiary zintegrowane – tachimetria + GPS
- Zaawansowane algorytmy przetwarzania danych
- Pełna współpraca z innymi sensorami (pochyłomierze, ekstensometry, piezometry)



Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Stanowisko tachimetryczne



Dokładność pracy stacji tachimetrycznej

Przykładowe parametry:

- Dokładność pomiaru kątów Hz i V: $\pm 0,5''$
- Dokładność pomiaru odległości: $\pm 1\text{mm}+1\text{ppm}$ (3s)
- Zasięg pomiaru na jedno lustro: od 5m do 2500m
- ATR: cyfrowe przetwarzanie obrazu
- Zasięg działania modułu ATR: 1000m
- Medium: wiązka lasera

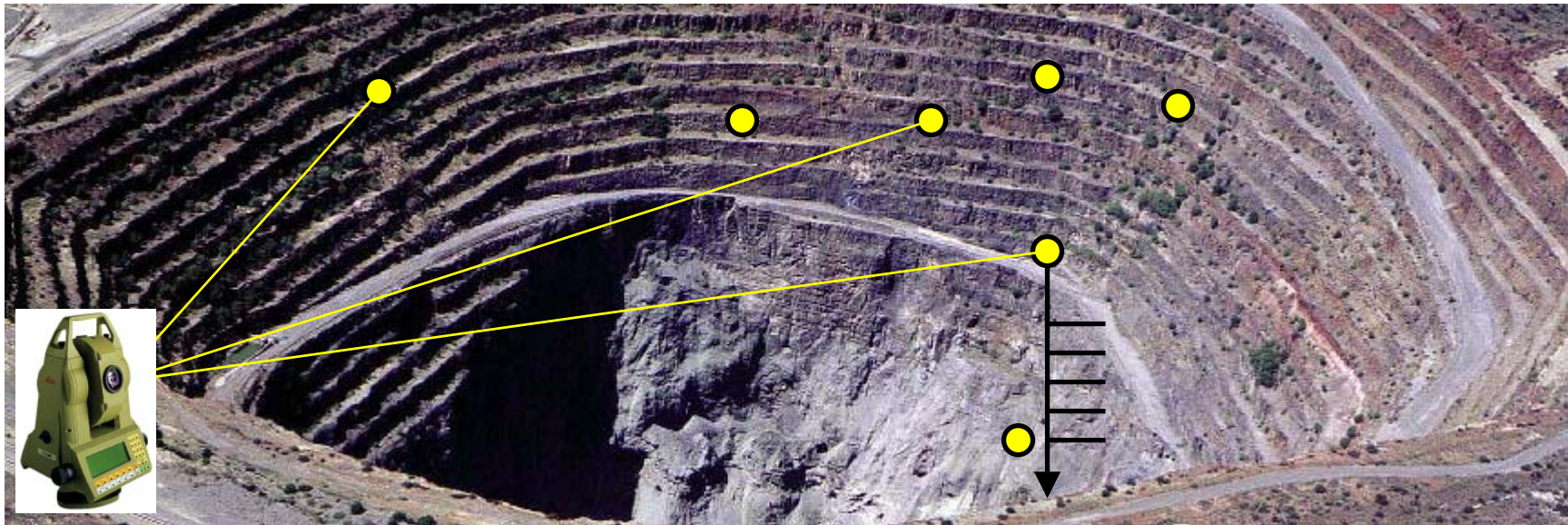




Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Monitoring geotechniczny

- Możliwość pomiarów w odwiertach
- Systemy zautomatyzowane
- Pomiary w czasie rzeczywistym
- Integracja sensorów geodezyjnych (TPS/GPS) i geotechnicznych
- Analiza korelacji wyników pomiarów

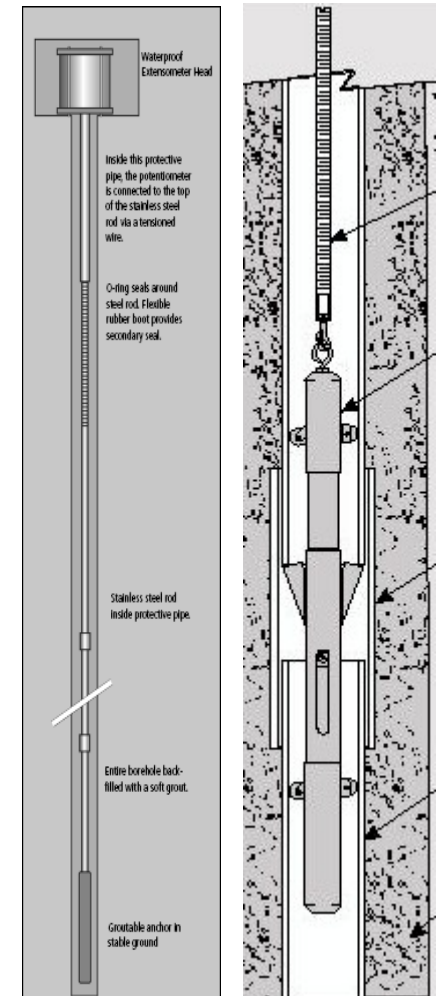
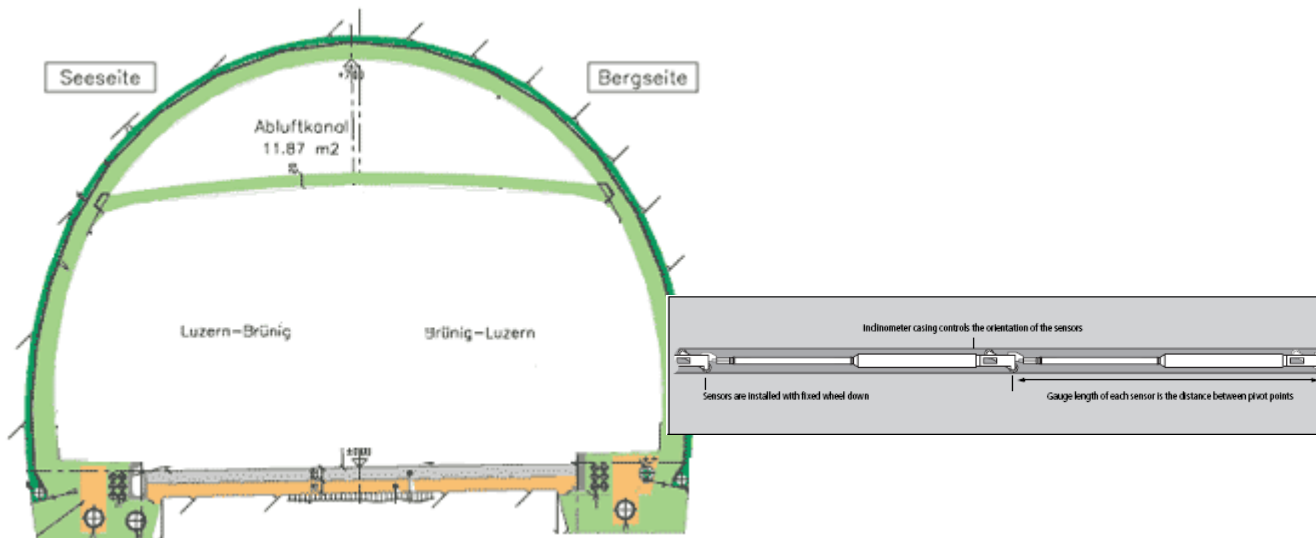




Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Monitoring geotechniczny

- Zastosowania podobne jak w przypadku monitoringu geodezyjnego
- Prace podziemne, tunele
- Wykrywanie stref zagrożeń

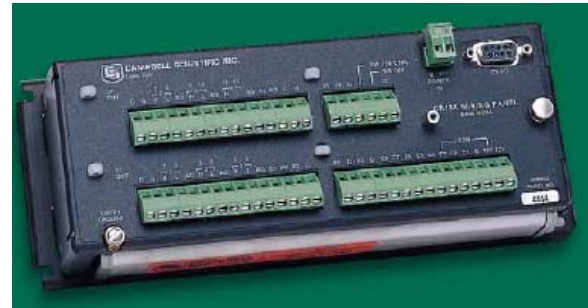




Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Monitoring geotechniczny

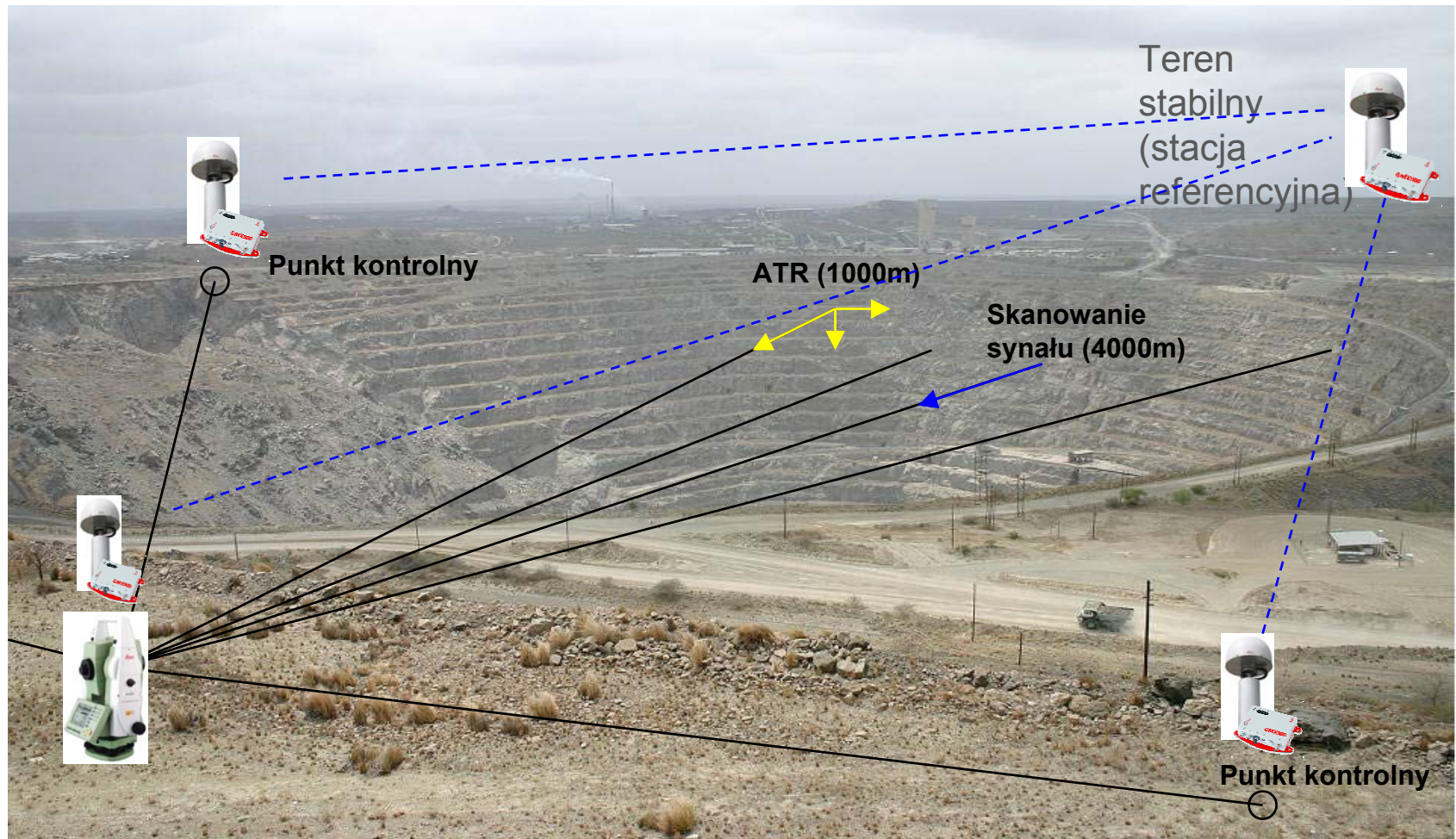
- Pochyłomierze, inklinometry, piezometry itp.
- Pomiary wartości względnych
- Różnorodność sensorów
- Współpraca z oprogramowaniem sterującym i urządzeniami zasilającymi





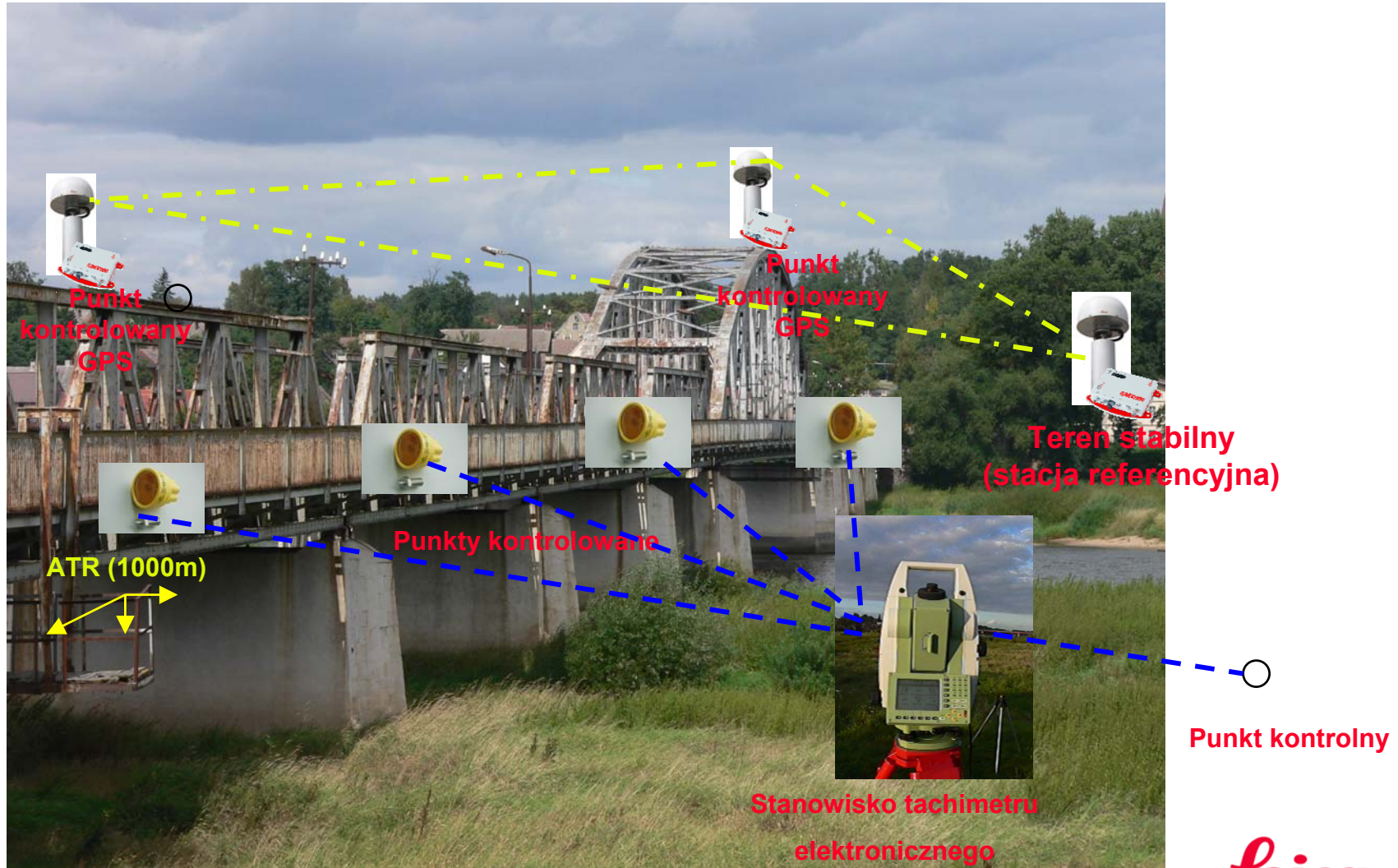
Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Monitoring z użyciem GPS

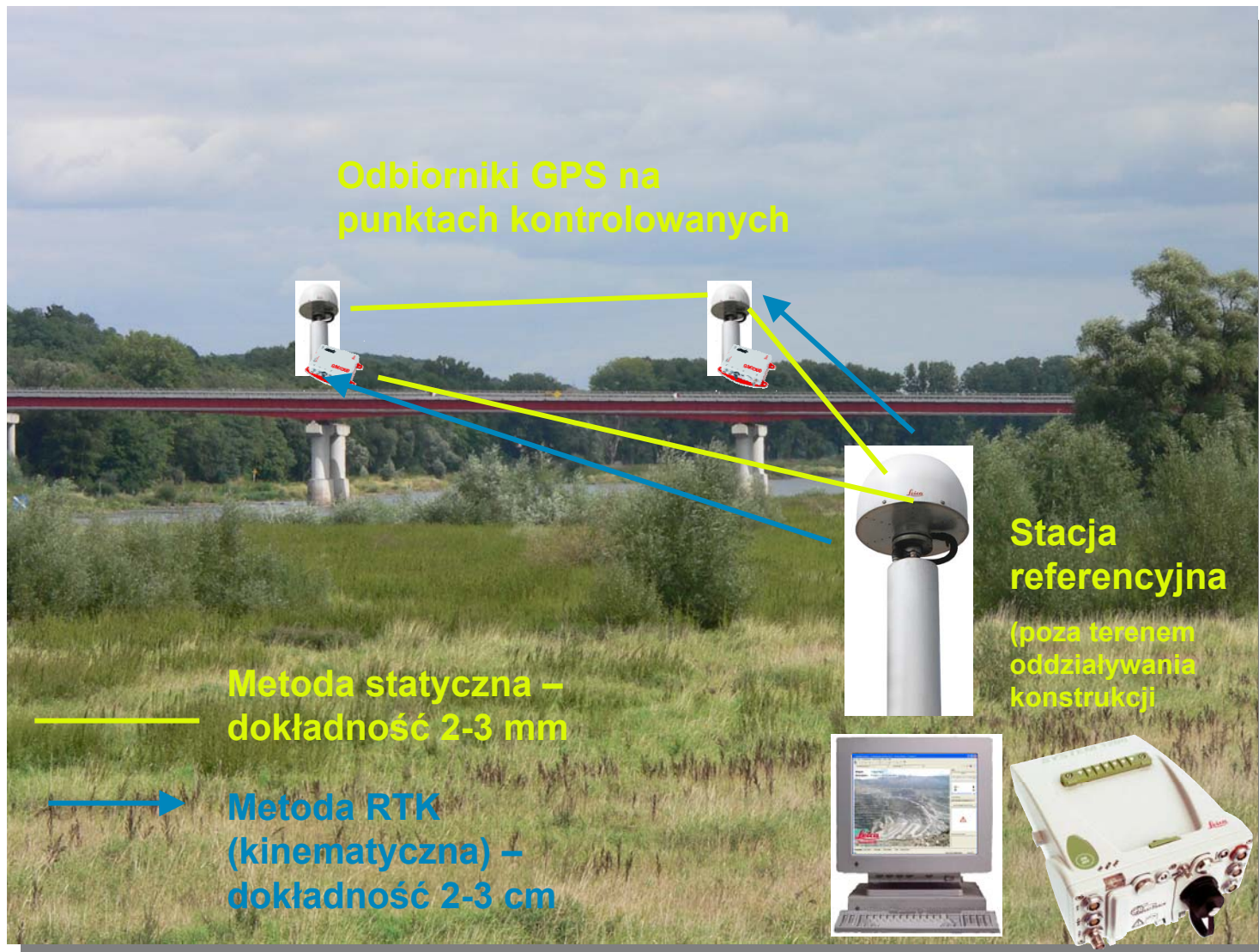


Systemy monitoringu strukturalnego

Koncepcja rozwiązania dla mostu



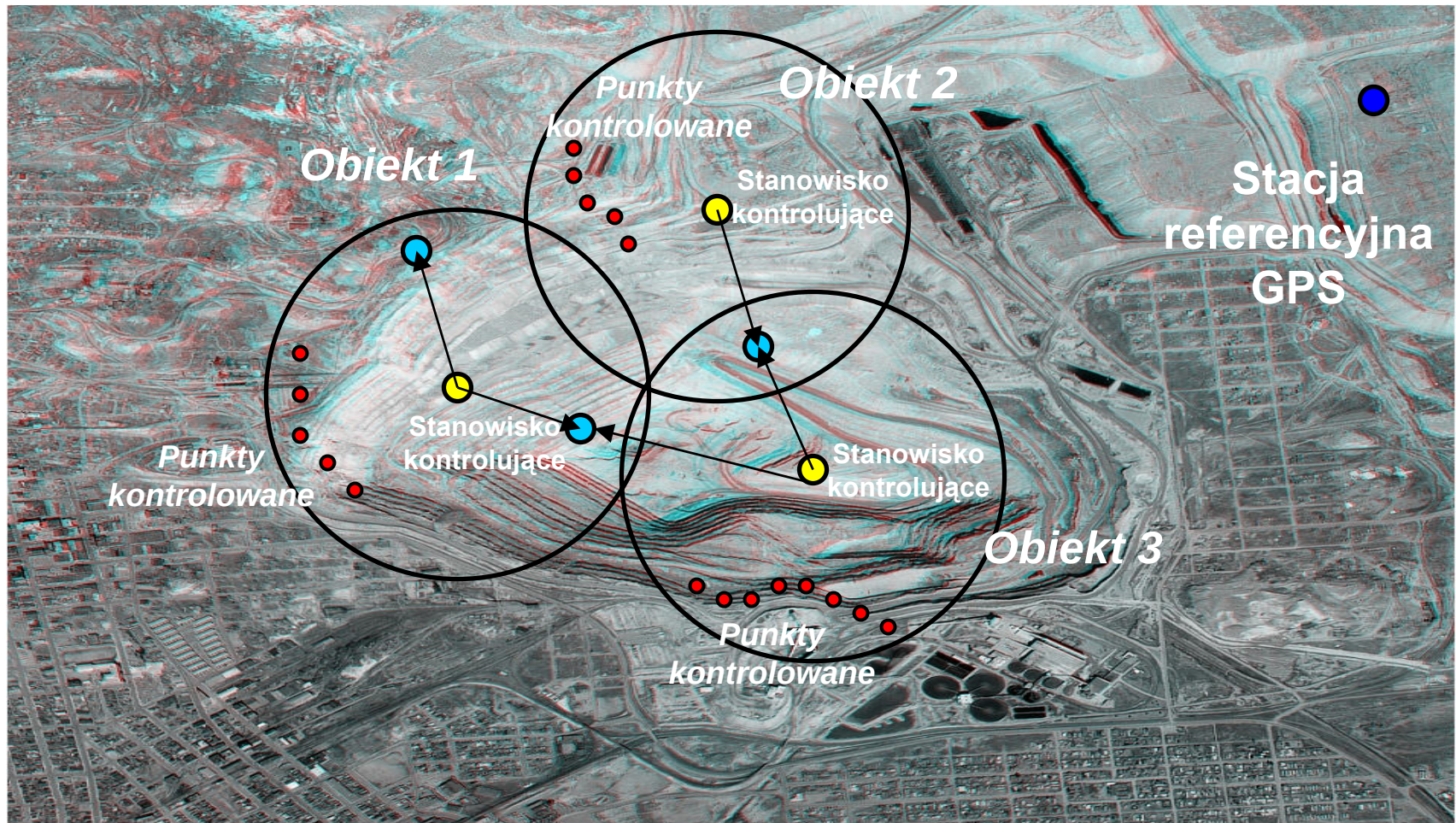
Odbiorniki GPS w monitoringu mostów





Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Możliwość rozbudowy - elastyczność





Przykładowy widok różnych komponentów systemu monitoringu

Reflektor



Stacja meteo i antena radiowa



Wypożażenie biura



Podwieszane stanowisko tachimetru





Przykłady stabilizacji punktów kontrolnych (odniesienia)



Przykłady stabilizacji punktów kontrolowanych

Punkty monitorowane



Punkty kontrolowane

Reflektory do monitoringu

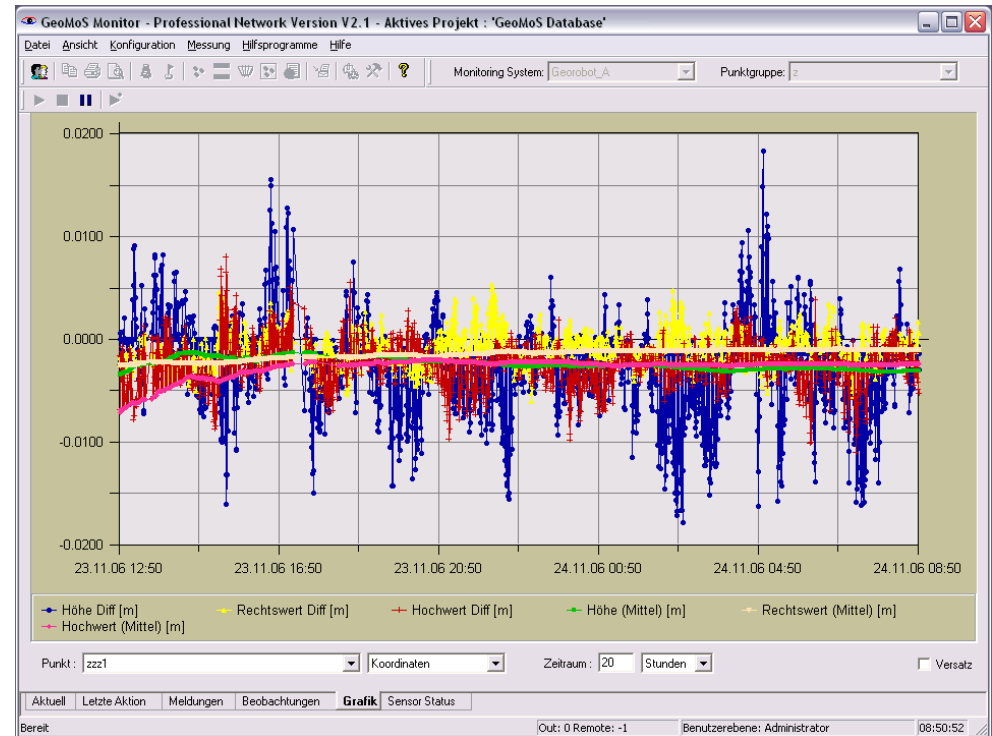




Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Monitoring z użyciem GPS

- Punkty kontrolne – nawiązania dla tachimetru
- Ciągła i niezależna kontrola współrzędnych punktów GPS
- Dokładności pomiarów na poziomie kilku milimetrów
- Problem z wysokościami! Mniejsze dokładności
- Uśrednienie z 24 godzin
- Graniczne wartości błędów
- Kontrola jakości – filtrowanie obserwacji odstających



Odbiorniki GPS w monitoringu strukturalnym



Charakterystyka ogólna odbiorników GPS Leica

- Śledzenie sygnału satelitów z częstotliwością do 20Hz
- SmartTrack: efektywne śledzenie sygnałów satelitów nawet w bardzo trudnych warunkach
- Wysoce precyzyjny pomiar kodowy i fazowy
- Eliminacja efektu wielotorowości
- Trwałość i solidność wykonania – odporne na warunki zewnętrzne, czasami bardzo trudne
- Niski pobór mocy



Stacja referencyjna



GRX1200 PRO –
dwuczęstotliwościowy,
precyzyjny odbiornik do stacji
referencyjnych GPS/GNSS
posiadający wyjścia PPS oraz
oscylatora zewnętrznego,
gniazdo sieci ethernet, a także
porty danych oraz zasilania.

Punkty kontrolne



GMX902 –
dwuczęstotliwościowy,
precyzyjny odbiornik
umożliwiający zasilanie
systemu monitoringu danymi
GPS/GNSS.

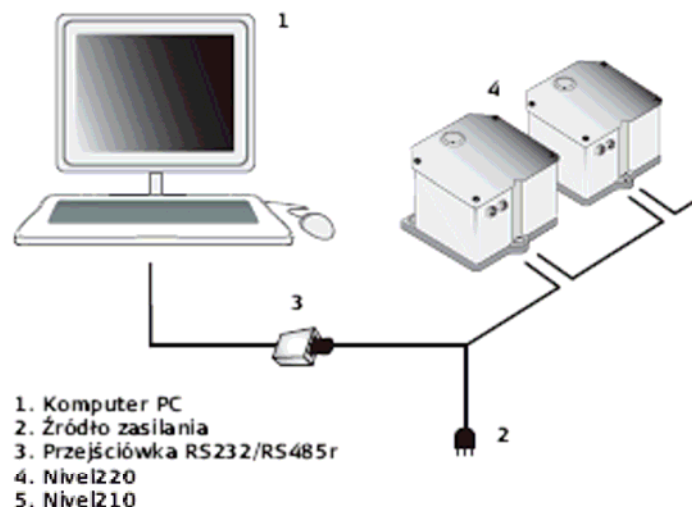
Leica GeoMoS Monitoring Software

Inklinometry Nivel200

- **Dwuosiowe** instrumenty o wysokiej dokładności pomiaru
- Wysoka precyzja oraz rozdzielczość pomiaru na poziomie **0.001 mrad** ($0,6^c/0,2''$)
- Zakres pomiaru +/- 3mrad/6'
- Krótki czas pomiaru – ok. 300ms
- Wysoka stabilność pomiarów
- Dane w czasie rzeczywistym



Połączenie urządzeń Nivel220 w strukturę sieciową



100 m **1 mm**



Sensor meteo

„Stacja pogodowa”

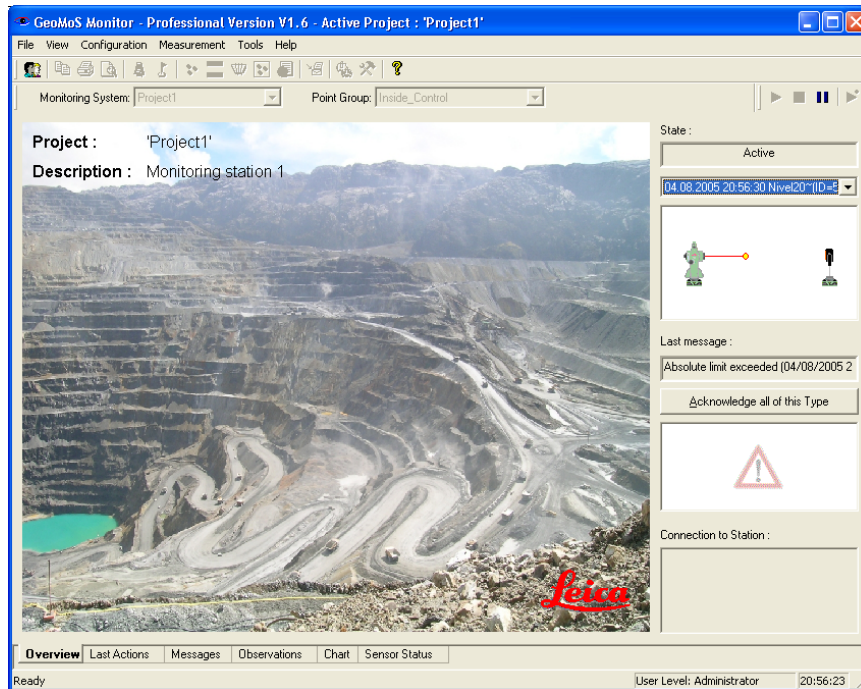
- Sensor meteo umożliwia pomiar temperatury powietrza oraz ciśnienia. Wyniki tego pomiaru służą do wykonania redukcji pomiarów tachimetrycznych podnosząc tym samym dokładność pozycjonowania punktów.





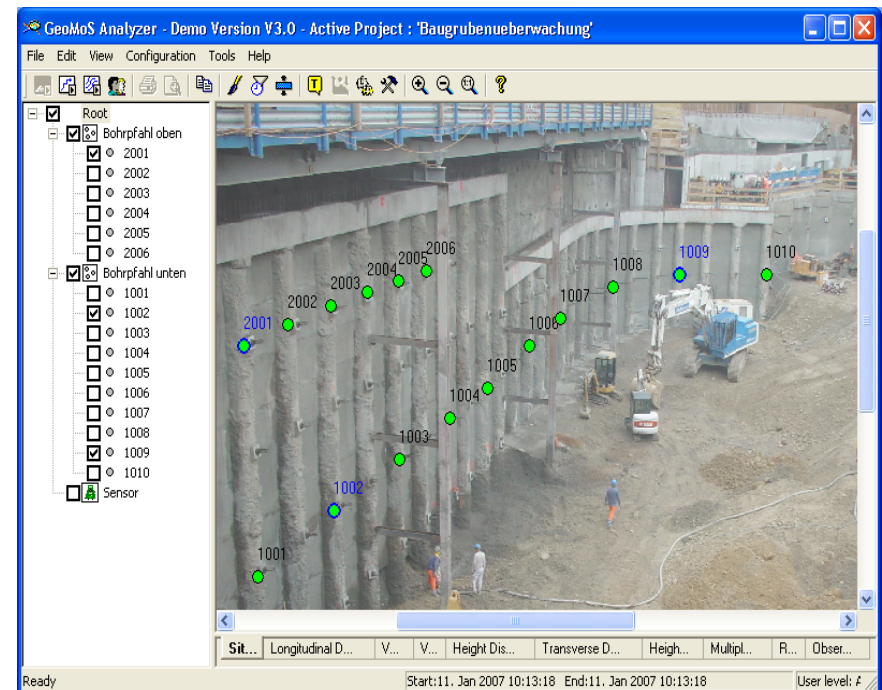
GeoMoS – moduły „Monitor” i „Analyzez”

System GeoMoS składa się z modułów/aplikacji *Monitor* i *Analyzez*



GeoMoS Monitor

GeoMoS Analyzer

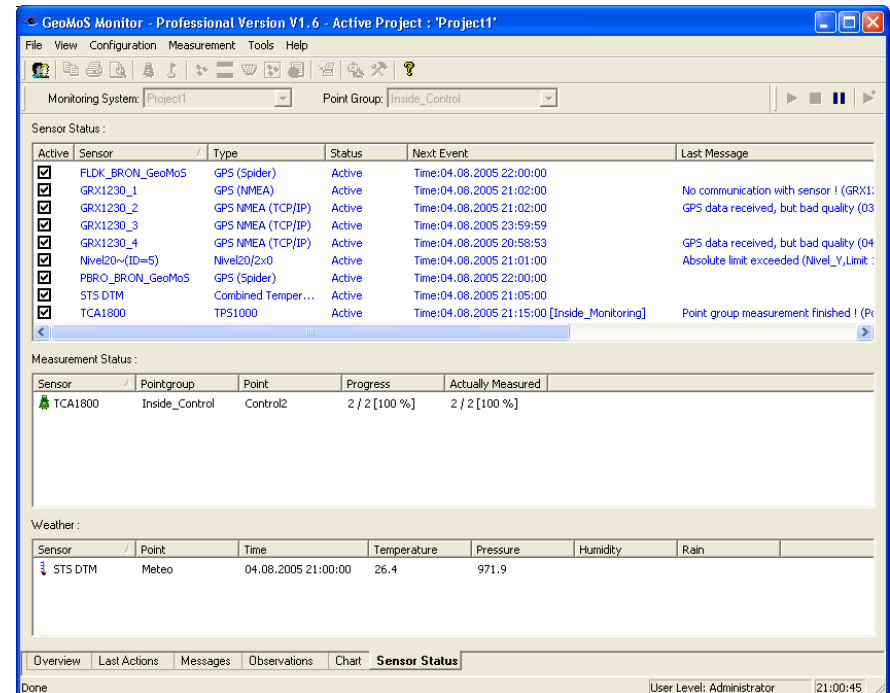


GeoMoS = GeoMoS Monitor + GeoMoS Analyzer



Oprogramowanie do monitoringu strukturalnego Leica GeoMoS - moduł GeoMoS Monitor

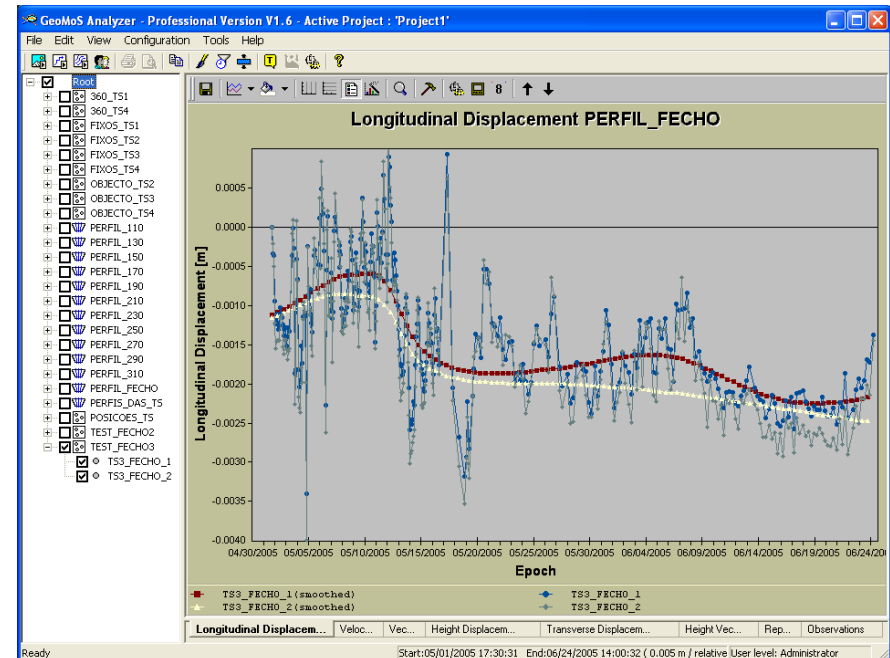
- Podłączanie, konfigurowanie i kontrola pracy sensorów
- Definiowanie listy zadań pomiarowych
- Obliczenia na bazie wyników pomiarów
- Kontrola wartości dopuszczalnych
- System powiadamiania (email, sygnał świetlny lub dźwiękowy, program zewnętrzny, urządzenia zewnętrzne, rekordy bazodanowe)
- Przegląd pracy systemu
- Status instrumentów i kontrola pomiarów
- Graficzna prezentacja wyników w czasie rzeczywistym



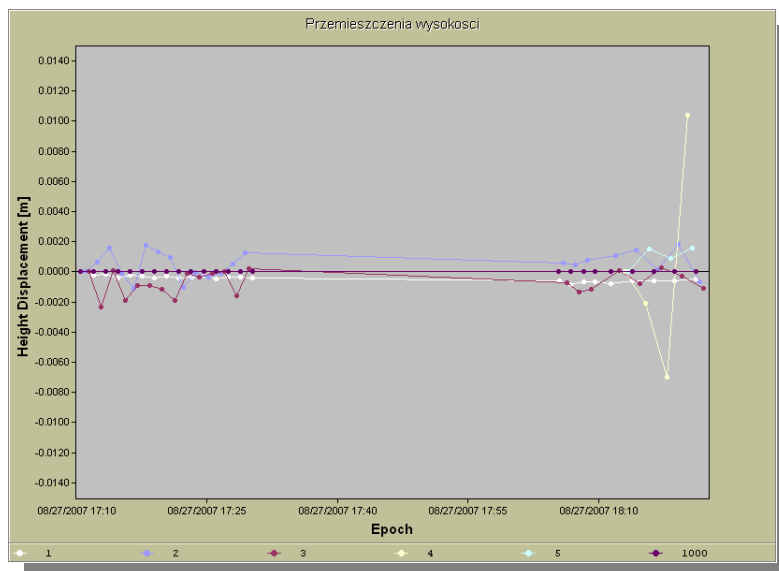
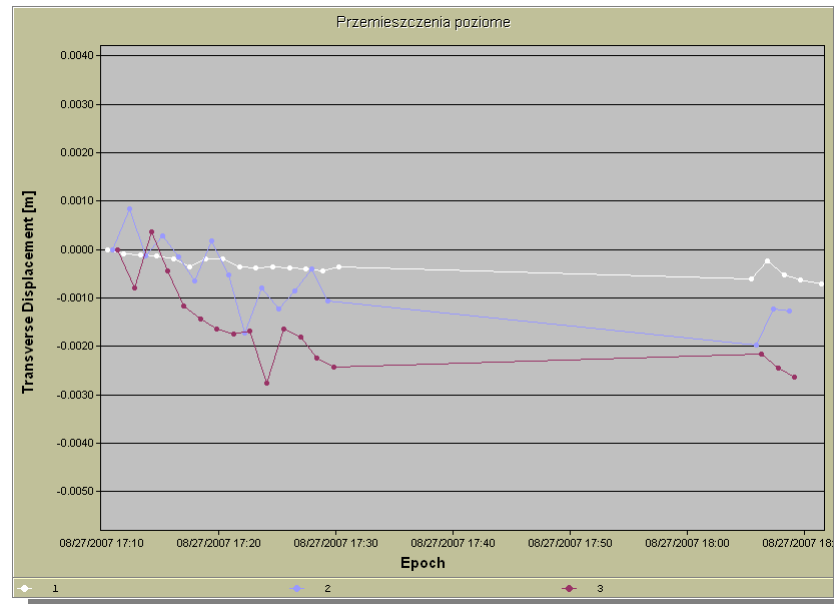
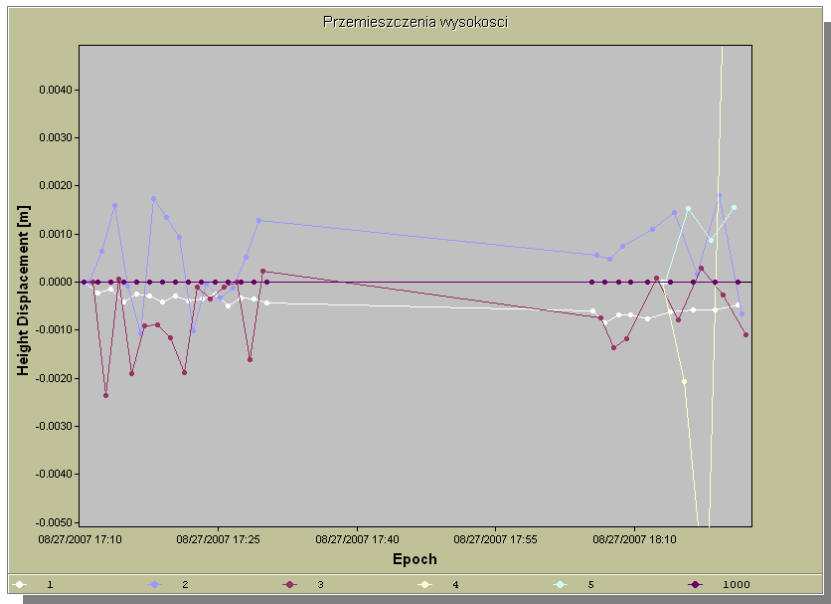


Oprogramowanie do monitoringu strukturalnego Leica GeoMoS - moduł GeoMoS Analityzer

- Graficzna i numeryczna prezentacja wyników pomiarów
- Edycja i post-processing
- Wykrywanie wartości skrajnych
- Wprowadzanie i filtrowanie komend systemowych
- Wykresy definiowane przez użytkownika
- Raporty definiowane przez użytkownika
- Obsługa różnych formatów danych przy eksporcie (ASCII, BMP, DXF)
- Import/eksport plików archiwalnych



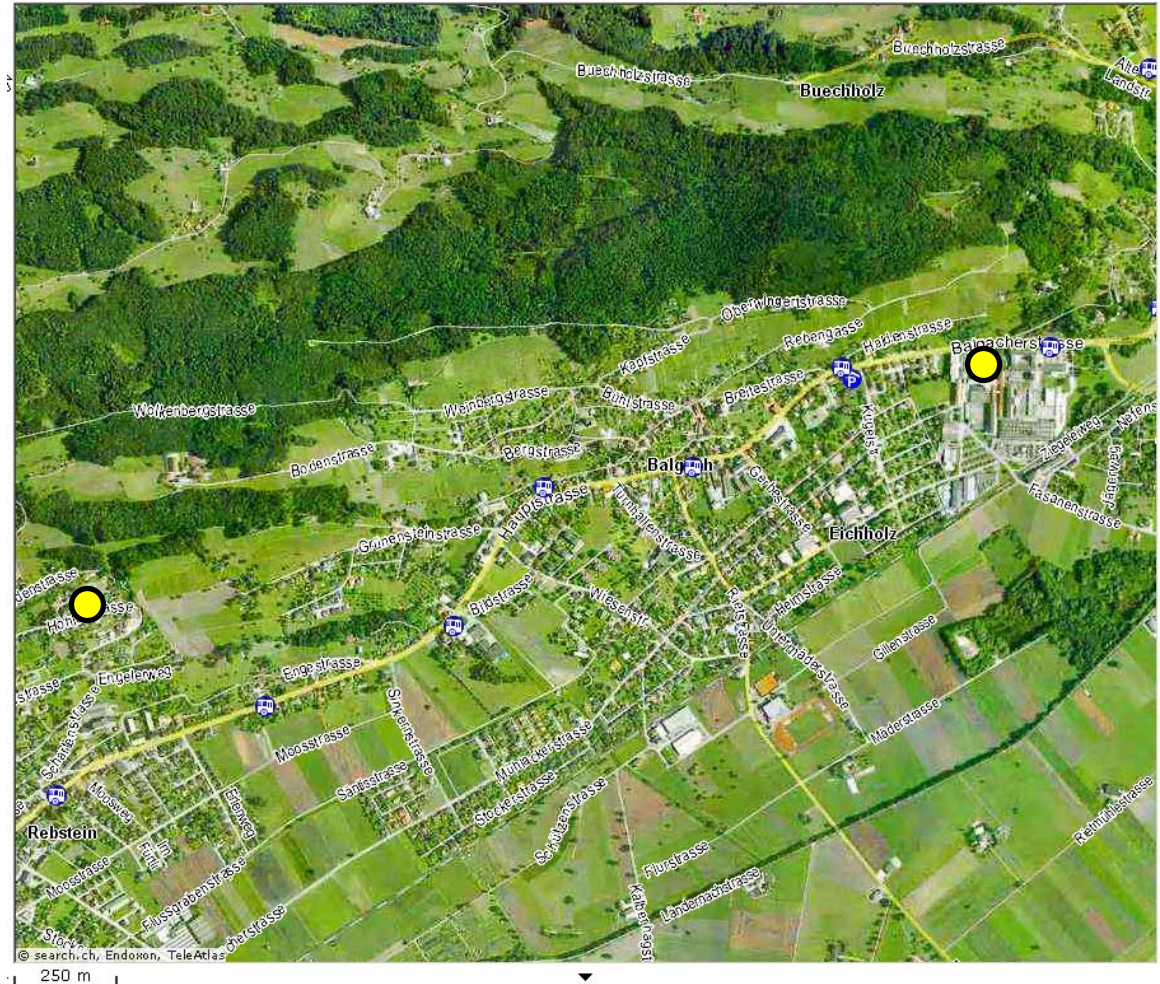
Przykład monitoringu strukturalnego - wyniki testu w Cigacicach





Przykład monitoringu deformacji górotworu (Heerbrugg, Szwajcaria)

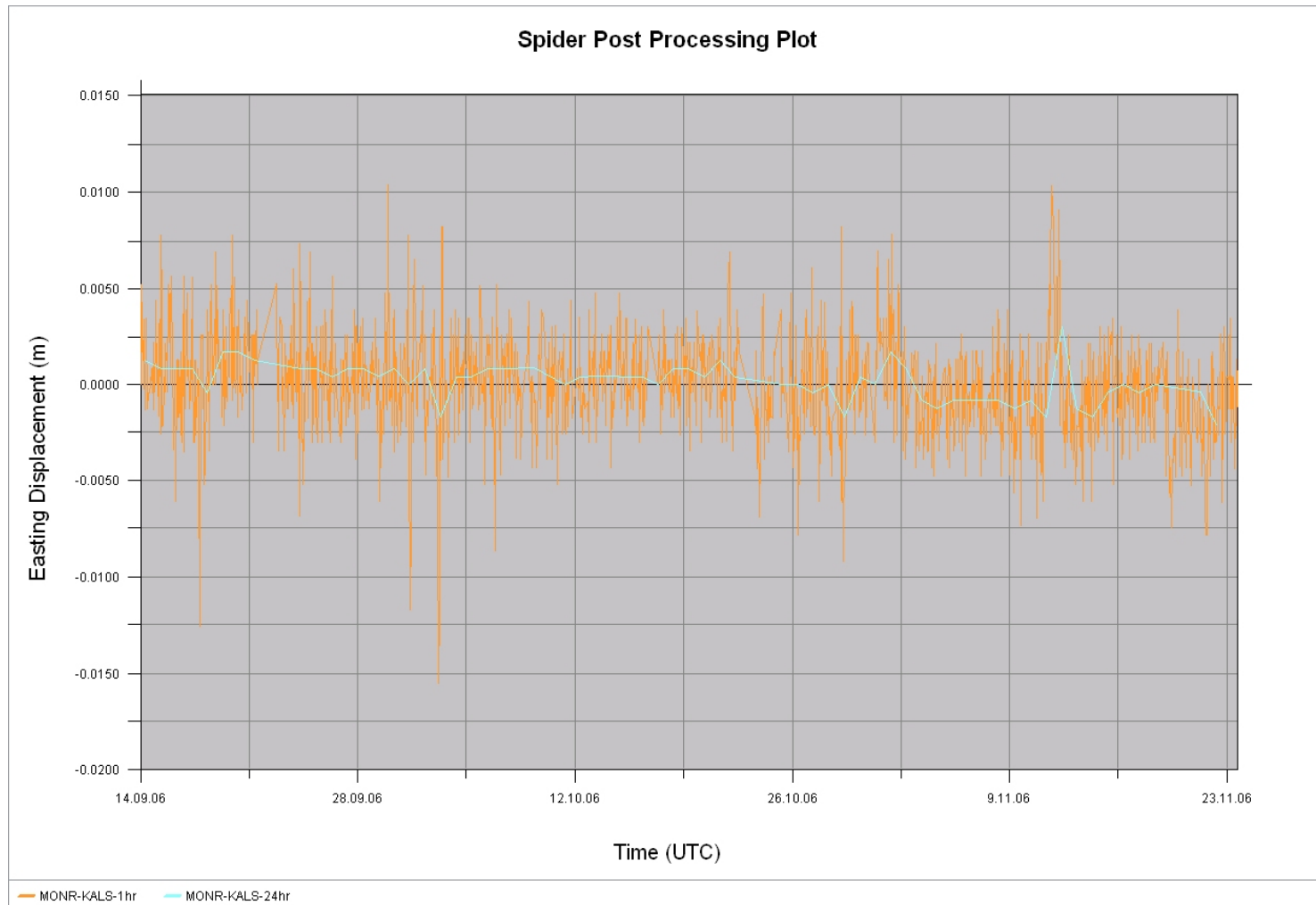
- Odbiornik GNSS
GMX902
- Baza o długości
ok. 3 km
- Program Leica
Spider
- Program Leica
GNSS QC
- Przesył danych
drogą radiową
- Post-processing
(raz na 24 godz.)





Systemy monitoringu strukturalnego Leica

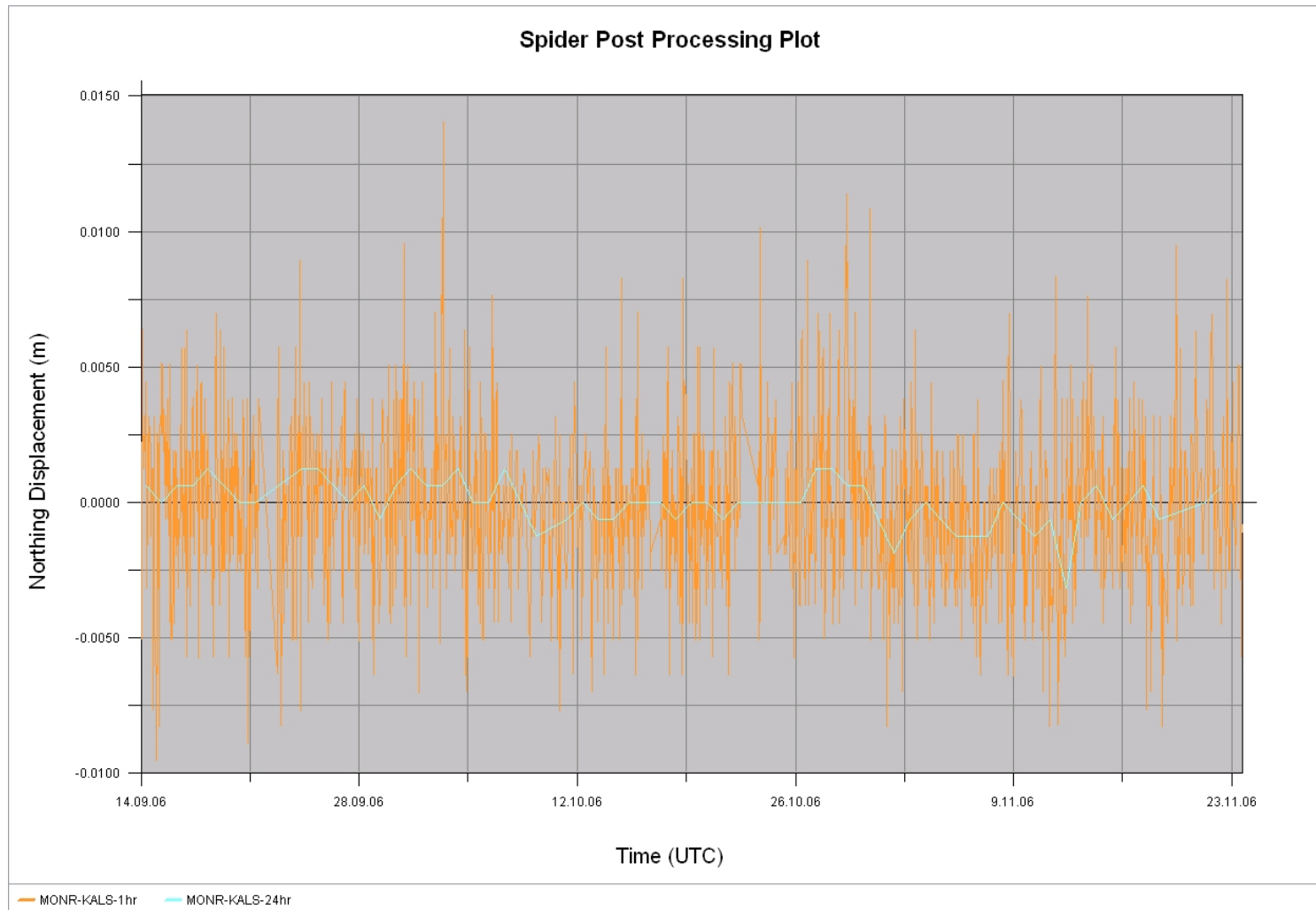
Przykładowy wykres przemieszczeń





Systemy monitoringu strukturalnego Leica

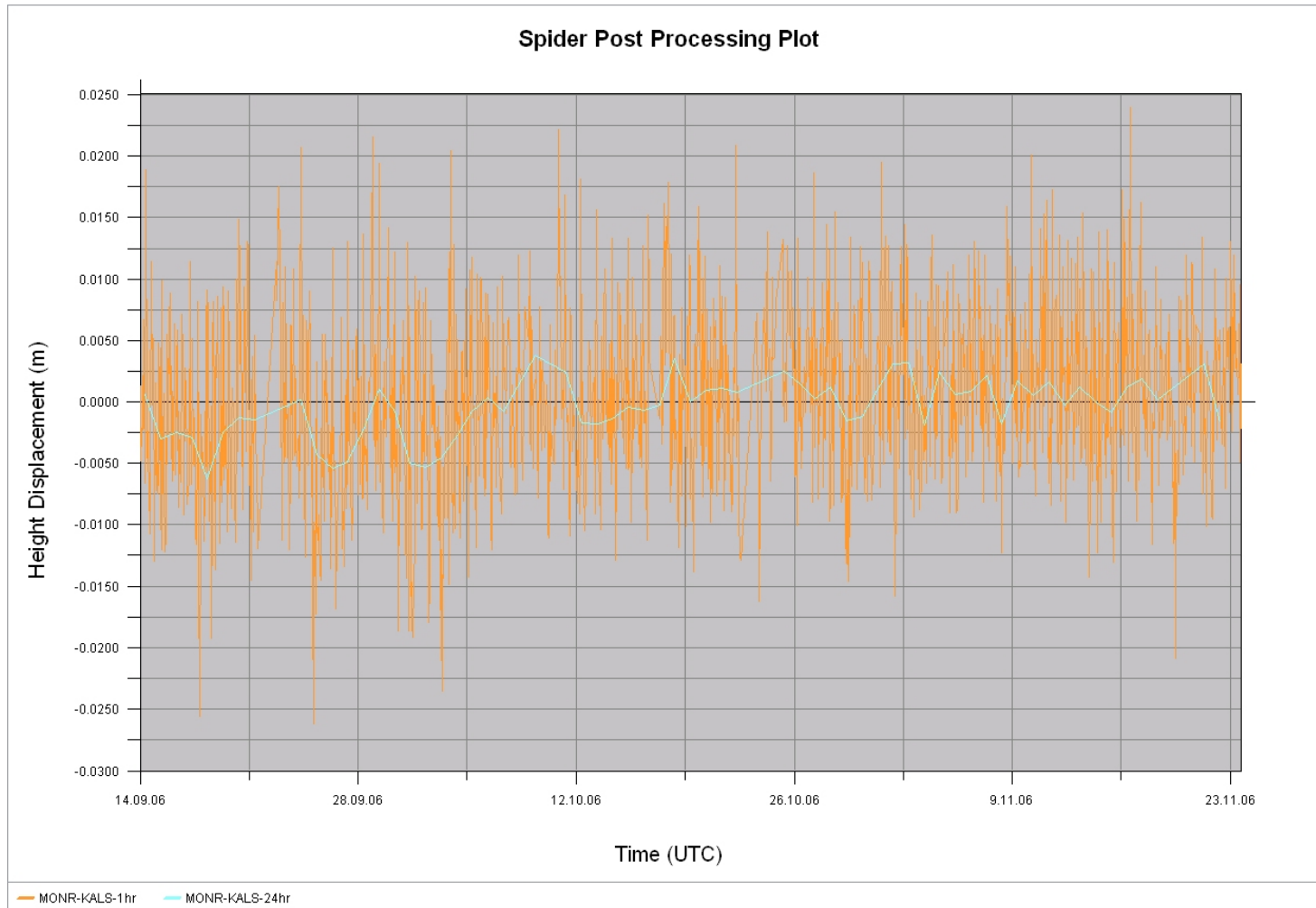
Przykładowy wykres przemieszczeń





Systemy monitoringu strukturalnego Leica

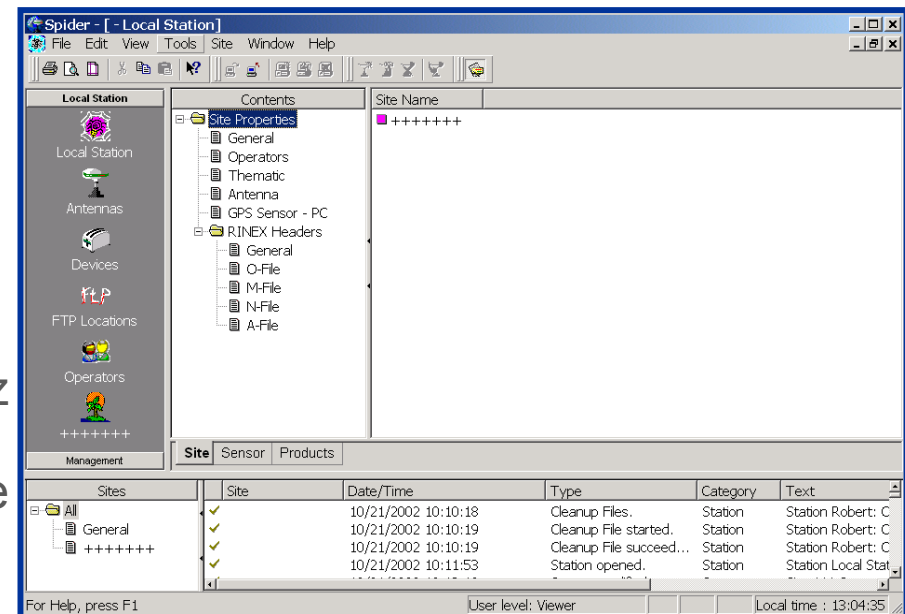
Przykładowy wykres przemieszczeń





Oprogramowanie do monitoringu strukturalnego Leica GeoMoS - SPIDER

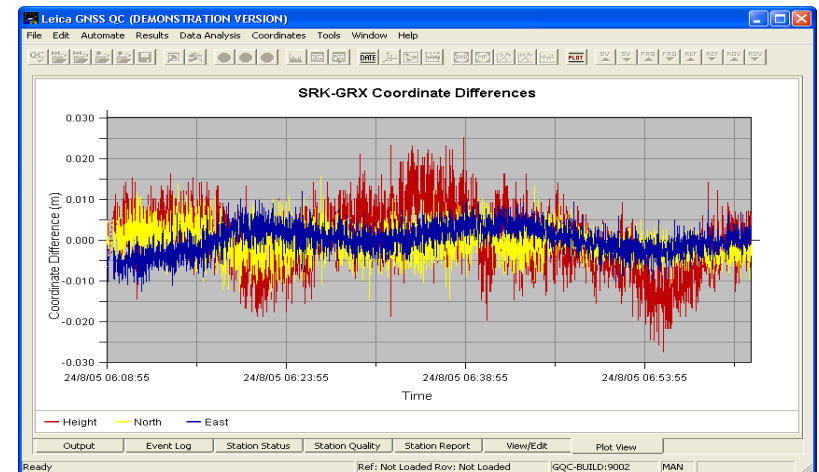
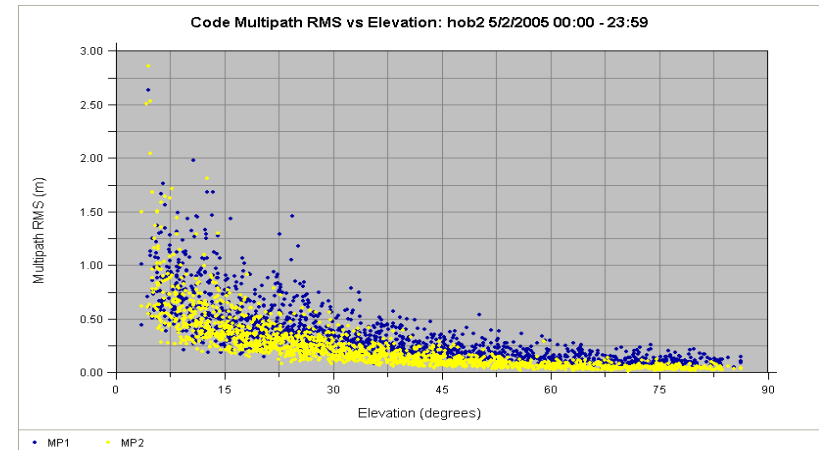
- Kontrola odbiorników GPS GMX902/GRX1200 oraz przepływu danych surowych („raw data”)
- Wyznaczanie aktualnych pozycji i zasilanie nimi programów GeoMoS i GNSS QS z częstotliwością do 20 Hz
- Post processing danych i dostarczanie wyników do systemu GeoMoS





Oprogramowanie do monitoringu strukturalnego Leica GeoMoS - GNSS QC

- Analiza wielotorowości („multipath”)
- Kontrola jakości danych GPS
- Analizy w czasie rzeczywistym z częstotliwością do 20 Hz
- Graficzna prezentacja współrzędnych płaskich i wysokości, a także szeregów czasowych
- Wykres jakości sygnału
- Kontrola wartości granicznych w monitoringu GPS bez użycia programu GeoMoS



Systemy monitoringu strukturalnego

Podsumowanie



- Dynamiczny model rzeczywistości – bardziej wiarygodny bo obrazuje rzeczywistą pracę obiektu
- Pozwala szybko zareagować na wypadek pojawienia się zagrożeń obserwowanego obiektu



- Współpraca z innymi systemami (branżowymi) umożliwia budowę zintegrowanego monitoringu obiektu inżynierskiego (np. mostu)
- System oszczędny i wysoce wydajny (efektywność, wysoka dokładność, wysoka wydajność pracy)

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems

Systemy monitoringu strukturalnego

Konkluzja



Zwiększenie bezpieczeństwa
obiektu w trakcie jego budowy
oraz podczas dalszego
użytkowania



- when it has to be **right**

Leica
Geosystems



Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Wdrożenia



- Systemy małe (pojedyncze stanowisko TPS, mała ilość sensorów, kilka – kilkanaście punktów kontrolowanych)
- Systemy średnie (zintegrowane techniki pomiarowe TPS/GPS, większa liczba sensorów, kilkanaście – kilkadziesiąt punktów kontrolowanych)
- Systemy duże (wiele sensorów geodezyjnych i geotechnicznych, kilka kontenerów pomiarowych, zaawansowany system powiadamiania o zdarzeniach, do kilkuset lub więcej punktów kontrolowanych)



Systemy monitoringu strukturalnego Leica

Struktura kosztów wdrożenia

- Konsulting
- Koszt instrumentów i oprogramowania
- Koszty instalacji (reflektory, GPS, TPS)
- Uruchomienie systemu
- Działania korygujące i dostosowujące
- Definiowanie rodzajów analiz, ostrzeżeń
- Koszty serwisu i wsparcia technicznego
- Koszty konserwacji i kontroli systemu





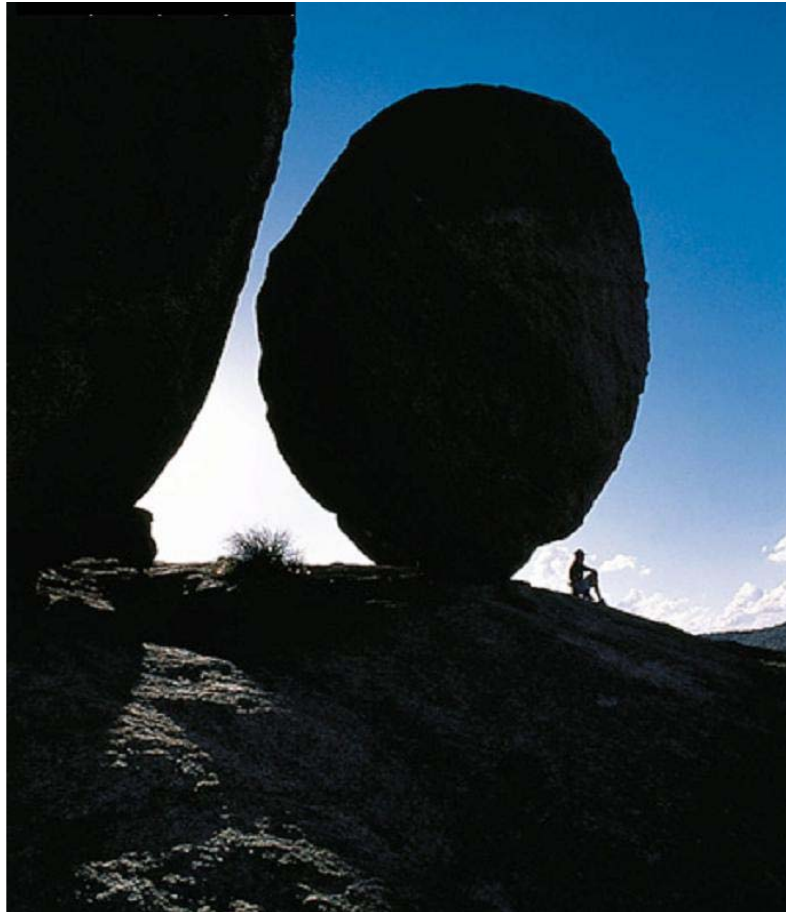
Dziękujemy za uwagę

- when it has to be **right**

Leica
Geosystems



Systemy monitoringu strukturalnego Leica Geosystems



Leica GeoMoS

„Geodetic Monitoring System”

Dr inż. Krzysztof Karsznia

Kierownik ds. Kluczowych Klientów

Dział Geomatyki

Leica Geosystems Sp. z o.o.

ul. Ostrobramska 101A, 04-041 Warszawa

Tel. +48 22 338 15 37

Krzysztof.Karsznia@leica-geosystems.com