



XXIV Międzynarodowe  
Targi Budownictwa Drogowego  
AUTOSTRADA POLSKA 2018  
Kielce, 08-10.05.2018 r.



# GEOMONITORING

## MONITORING PODŁOŻA I ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

**ALEKSANDRA BORECKA** |

Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. S. Staszica w Krakowie



<http://rid.gis.edu.pl/>

**NOWOCZESNE METODY  
ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO  
W DROGOWNICTWIE**

[www.pgi.gov.pl/drogi](http://www.pgi.gov.pl/drogi)

Projekt „Nowoczesne metody rozpoznania podłoża gruntowego w drogownictwie”  
finansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju oraz Skarbu Państwa - Generalną Dyrekcję  
Dróg Krajowych i Autostrad w ramach Wspólnego Przedsięwzięcia RD



# WYTYCZNE PROWADZENIA MONITORINGU PODŁOŻA GRUNTOWEGO I ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH DLA NOWOBUDOWANYCH ORAZ MODERNIZOWANYCH BUDOWLI DROGOWYCH



fot. A. Borecka

Czym jest **KONTROLA**? Kontrola oznacza sprawdzenie czegoś, zestawienie stanu faktycznego ze stanem wymaganym, nadzór nad czymś.

**Monitoring** (od łacińskiego słowa „monitor” - ostrzegający, przypominający) jest to działalność mająca na celu wykrywanie zagrożeń. Co za tym idzie niezbędne przy monitoringu jest wcześniejsze **ustalenie rodzaju zagrożenia – określenie warunku monitoringu i dostosowanie systemu monitorowania do tego zagrożenia oraz ustalenie sposobu informowania o zagrożeniu.**

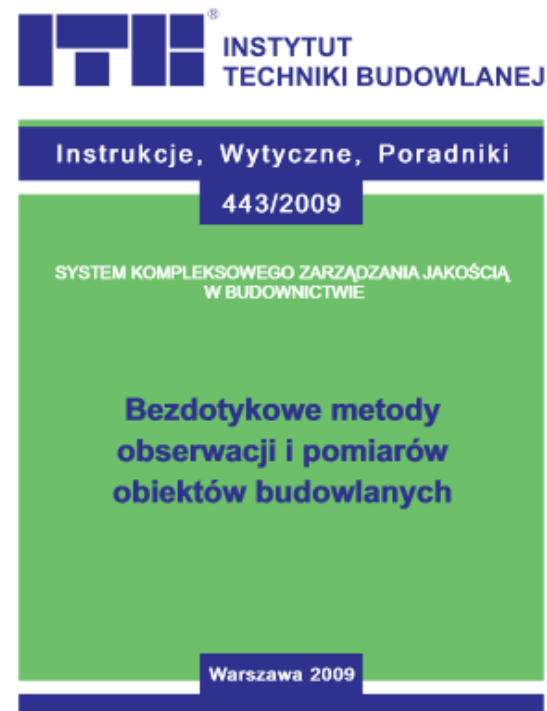
**System monitoringu** musi się więc składać zawsze z dwóch podsystemów: **obserwacyjnego i ostrzegawczego.**



**Podsystem obserwacyjny** musi umożliwiać pozyskiwanie informacji stosownych do rodzaju potencjalnego zagrożenia.



**System ostrzegawczy** musi być wyposażony w możliwość analizy obserwacji, porównywania jej ze stanami alarmowymi i przekazywania informacji o wystąpieniu stanów alarmowych pod z góry ustalone adresy.





*Lord Kelvin (właśc. William Thomson; 1824–1907) –  
brytyjski fizyk, matematyk, przyrodnik i  
wynalazca*

*....when you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it, when you cannot express it in numbers, your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind*

*Lecture on "Electrical Units of Measurement" (3 May 1883), published in Popular Lecture, vol. 1, p.73*

**Kiedy możesz zmierzyć coś, o czym mówisz i wyrazić to **liczbowo**, to znaczy że wiesz coś o tym; ale jeśli nie możesz tego zmierzyć, jeśli nie możesz tego wyrazić liczbą, to twoja wiedza jest skromna i w stanie niezadowalającym**

**MONITORINGIEM** nazywamy więc regularne (cykliczne), systematyczne zbieranie i analizowanie ilościowych danych wybranych wielkości przez z góry określony czas, w celu wykrywania zagrożeń, ostrzegania o grożącym niebezpieczeństwie i na ich podstawie **wdrażania działań na wypadek przekroczenia wartości alarmowych** (interwencyjnych) lub ich zaniechania.



# MONITORINGU PODŁOŻA GRUNTOWEGO I ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Przegląd metod badawczych wykorzystywanych w rozpoznaniu i ocenie właściwości podłoża

Analiza obowiązujących **przepisów prawnych i norm** w zakresie monitoringu geotechnicznego

Przegląd metod monitoringu powierzchniowego i wglębnego dla obiektów drogowych, mostowych i tuneli oraz na obszarach występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych

Kwerenda danych dotycząca badań wykorzystywanych w rozpoznaniu podłoża oraz wyznaczenie poligonów testowych do walidacji metod badawczych

Pozyskanie materiałów będących w zasobach GDDKiA, firm projektowych i wykonawczych utworzenie archiwum

Zebranie informacji archiwalnych dotyczących wyników z prowadzonego monitoringu powierzchniowego i wglębnego

Walidacja metod badawczych wykorzystywanych w rozpoznaniu podłoża

Analiza dotychczas stosowanych metod prowadzenia monitoringu powierzchniowego i wglębnego

obiektów drogowych, mostowych i tuneli oraz na obszarach występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych

# MONITORINGU PODŁOŻA GRUNTOWEGO I ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

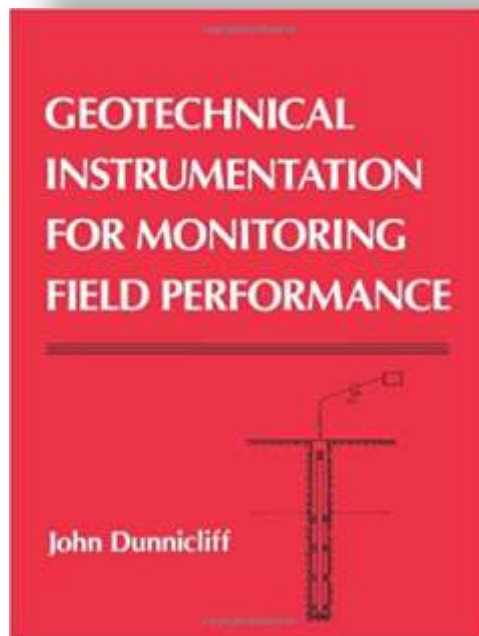
Optymalizacja metod badawczych i rozwiązań projektowych prowadzących do polepszenia stopnia udokumentowania warunków gruntowych w zależności od etapu realizacji inwestycji

Optymalizacja metod monitoringu powierzchniowego i wglębnego dla obiektów drogowych, mostowych i tuneli oraz na obszarach występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych

Opracowanie wytycznych badań podłoża na potrzeby budownictwa drogowego

Opracowanie wytycznych "Wytycznych wykonywania badań podłoża na potrzeby budownictwa drogowego" zawierających:

zalecenia do monitoringu powierzchniowego i wglębnego dla nowobudowanych oraz modernizowanych obiektów drogowych, mostowych i tuneli oraz na obszarach występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych



**INTERNATIONAL  
STANDARD**

**ISO  
18674-3**

First edition  
2017-10

**Geotechnical investigation and  
testing — Geotechnical monitoring by  
field instrumentation —**

**Part 3:  
Measurement of displacements across  
a line: Inclinometers**

*Reconnaissance et essais géotechniques — Surveillance géotechnique  
par instrumentation in situ —*

*Partie 3: Mesurages des déplacements perpendiculairement à une  
ligne par inclinomètre*

**NOWOCZES  
ROZPOZNAJ  
W DROGOWNICTWIE**



U.S. Department of Transportation  
Federal Highway Administration

Publication No. FHWA/HI-10-034  
December 2008

**Technical Manual for  
Design and Construction of Road Tunnels —  
Civil Elements**



# MONITORINGU PODŁOŻA GRUNTOWEGO I ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH



# MONITORINGU PODŁOŻA GRUNTOWEGO I ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

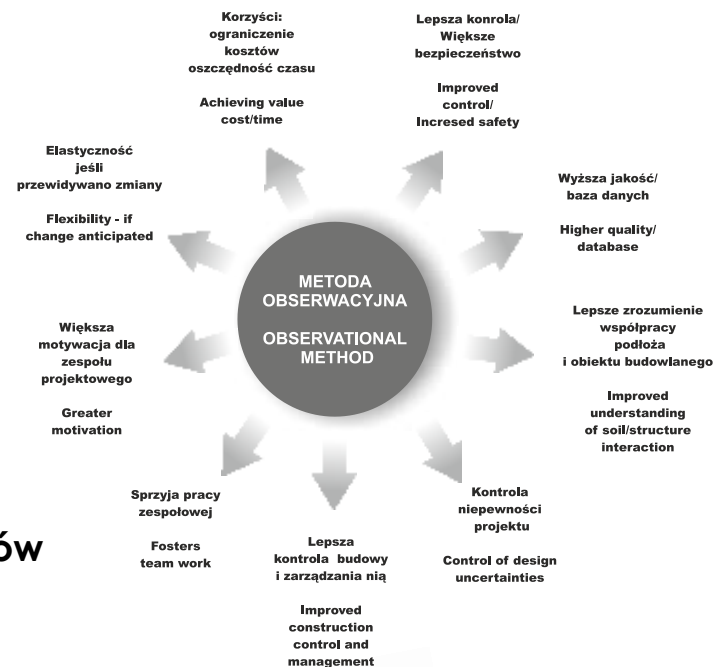


## 1 WSTĘP

- Terminologia
- Podstawy formalno-prawne
- Ogólne wymagania Eurokodu 7

# MONITORINGU PODŁOŻA GRUNTOWEGO I ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH

Wstępne rozpoznanie terenu  
Weryfikacja założeń projektowych  
Kontroli konstrukcji  
Kontroli jakości prowadzonych prac  
Bezpieczeństwa  
Ochrony prawnej na potrzeby ewentualnych sporów  
Skuteczności zrealizowanego przedsięwzięcia  
Pogłębienie stanu wiedzy



fot. P. Kuras

## Eurokod 7

## PROJEKTOWANIE GEOTECHNICZNE

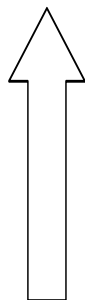
### Część 1

PIERWSZY RAZ  
w normach  
międzynarodowych

PN EN 1997-1: 2008 Zasady ogólne  
dopuszczalne:

1. Projektowanie na podstawie obliczeń
2. Projektowanie na podstawie wymagań przepisów
3. Próbné obciążenia i modele doświadczalne
4. Metoda obserwacyjna

### Część 2



PN EN 1997-2: 2009 Rozpoznanie i badania podłoża gruntowego  
Ogólne wymagania dla:

1. Badań podłoża
2. Badań polowych i laboratoryjnych



dane wejściowe  
do projektowania  
METODĄ 1

NIC na temat pomiarów i  
monitoringu geotechnicznego



klucz do projektowania  
METODĄ 4

Normy PN/EN ISO:

PN-EN ISO 22475-1: Wiercenia i opróbowanie

PN-EN ISO 17892 seria: Badania laboratoryjne

PN-EN ISO 22476 seria: Badania polowe

**NOWOSC:**

**PN-EN ISO 18674 seria: Monitorowanie geotechniczne**

# Głównym dokumentem, który porządkuje metody monitorowania geotechnicznego

**EN ISO 18674**

**Rozpoznanie i badania geotechniczne - Monitorowanie geotechniczne za pomocą urządzeń terenowych**

| Część | Tytuł                                                    | Status                                                                           |
|-------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Zasady ogólne                                            | opublikowana – lipiec 2015r. jako PN-EN ISO 18674-1                              |
| 2     | Ekstensometry                                            | opublikowana - styczeń 2017 jako PN-EN ISO 18674-2                               |
| 3     | Inklinometry                                             | projekt ukończony (EN) - przewidywany termin publikacji w Polsce – czerwiec 2018 |
| 4     | Piezometry                                               | sporządzony - na etapie roboczym                                                 |
| 5     | Pomiar parcia gruntu (TPC)                               | sporządzony ; na etapie roboczym                                                 |
| 6     | Pomiary przemieszczeń wykorzystujące metody hydrauliczne | w przygotowaniu                                                                  |
| 7     | Pomiar tensometryczny                                    |                                                                                  |
| 8     | Pomiar naprężeń                                          |                                                                                  |
| 9     | Geodezyjne przyrządy monitorujące                        |                                                                                  |
| 10    | Pomiar drgań                                             |                                                                                  |



ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji. Dz. U. z 2011r. Nr 288, poz. 1696.

OBWIESZCZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA. zmieniające rozporządzenie w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących projektów robót geologicznych, w tym robót, których wykonywanie wymaga uzyskania koncesji. Dz. U. z 2015r. poz. 964.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej. Dz. U. z 2016r. poz. 2033.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie informacji dotyczących ruchów masowych ziemi. Dz.U. 2007 nr 121 poz. 840.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA TRANSPORTU, BUDOWNICTWA I GOSPODARKI MORSKIEJ w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadowienia obiektów budowlanych. Dz. U. z 2012r. poz. 463.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA GOSPODARKI PRZESTRZENNEJ I BUDOWNICTWA w sprawie rodzaju i zakresu opracowań geodezyjno-kartograficznych oraz czynności geodezyjnych obowiązujących w budownictwie. Dz. U. 1995r. Nr 25, poz. 133.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA INFRASTRUKTURY z dnia 12 marca 2009 r. zmieniające Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, Dz. U. z 2009r. Nr 56, Poz. 461

# MONITORINGU PODŁOŻA GRUNTOWEGO I ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH



## 1 WSTĘP

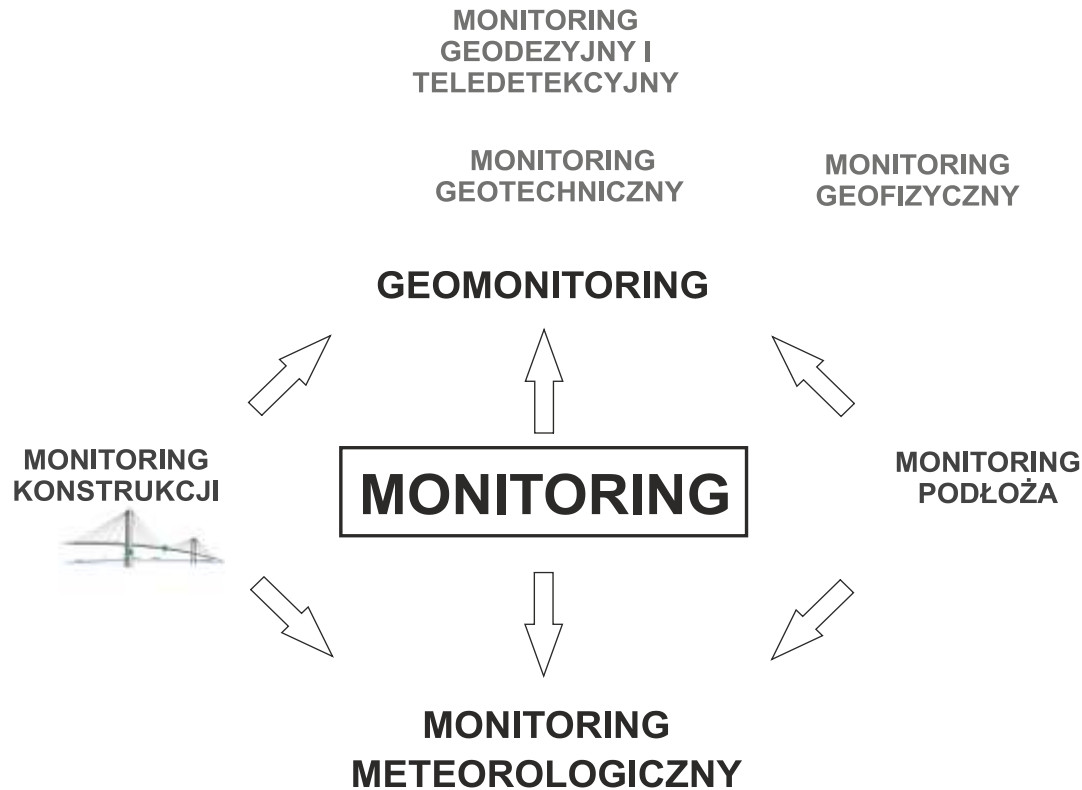
- Zakres stosowania
- Terminologia
- Podstawy formalno-prawne
- Ogólne wymagania Eurokodu 7

## 2 NIEPEWNOŚĆ POMIARÓW INSTRUMENTÓW POMIAROWYCH

## 3 TYPY INSTRUMENTÓW POMIAROWYCH I METODY POMIAROWE

- Krótki opis
- Zalety i ograniczenia

# TYPY INSTRUMENTÓW POMIAROWYCH I METODY POMIAROWE



## GEODEZJA

- Pomiary satelitarne GNSS
- Pomiary tachimetryczne
- Niwelacja

## TELEDETEKCJA

- Satelity optyczne o średniej zdolności rozdzielczej
- Satelity optyczne o wysokiej zdolności rozdzielczej
- Satelity operujące w zakresie radarowym
- Satelitarna interferometria radarowa
- Naziemna interferometria radarowa
- Lotniczy skaning laserowy
- Mobilny skaning laserowy z niskiego pułapu lotniczego
- Naziemny skaning laserowy

## FOTOGRAMETRIA

- Fotogrametria lotnicza
- Fotogrametria niskiego pułapu - Bezzałogowe Statki Powietrzne (UAV)



fot. A. Borecka

# MONITORING GEODEZYJNY



fot. P. Kuras



fot. P. Kuras



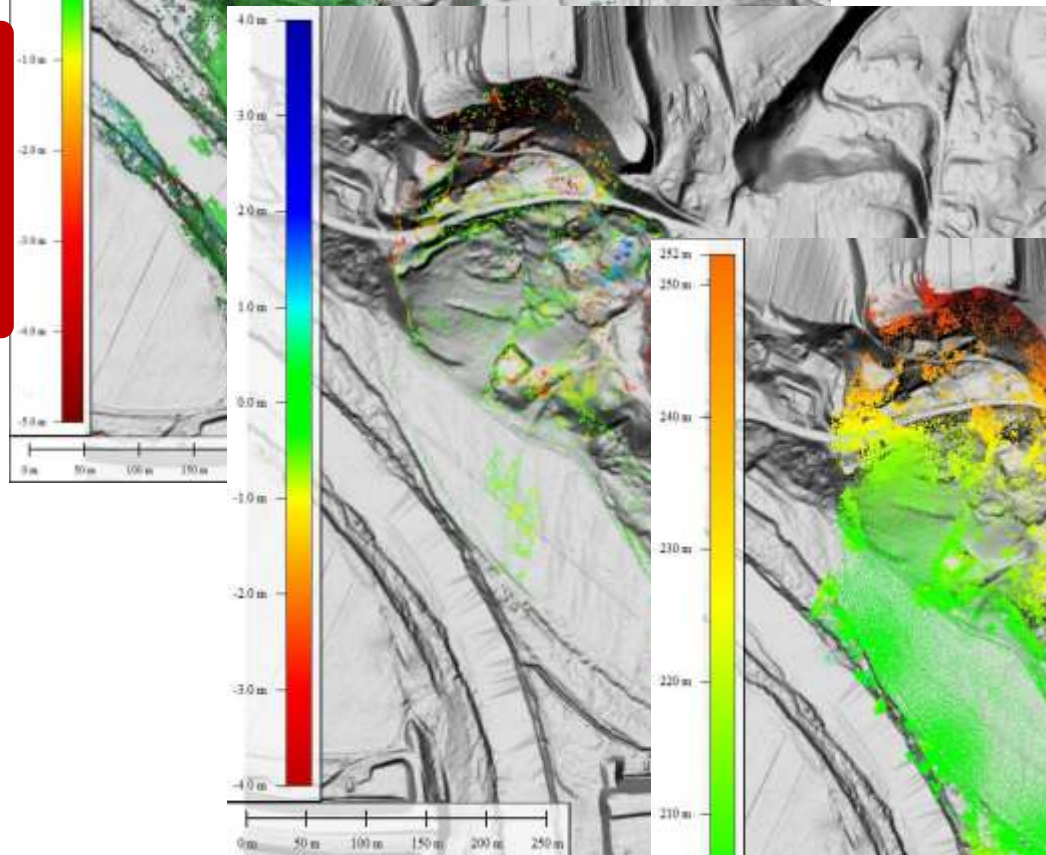
fot. A. Borecka



fot. O. Kuras

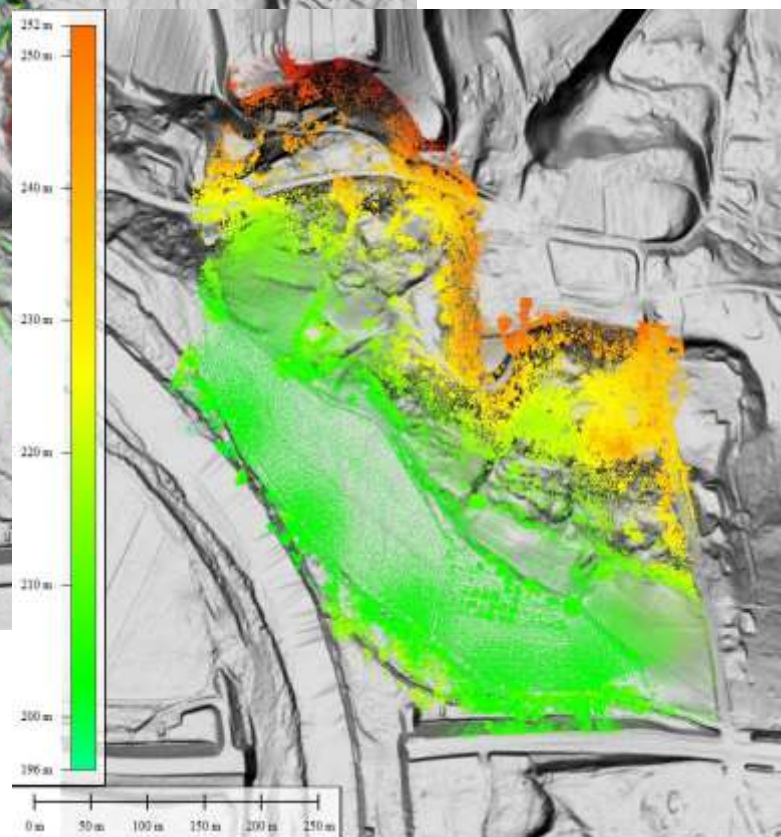


Model różnicowy pomiędzy pomiarami  
2012.02.27 a 2014.12.05.



Model różnicowy pomiędzy pomiarami  
2014.12.05 a 2016.04.12

Chmura punktów pozyskana  
w dniu 2016.04.12



**naziemny skaning laserowy  
(przykład wykorzystania)**

**NOWOCZESNE METODY  
ROZPOZNANIA PODŁOŻA GRUNTOWEGO  
W DROGOWNICTWIE**

Raport z monitoringu wgłębnego pomiary inklinometryczne na osuwisku w m. Chełm k/Bochni, dla tematu: „Monitoring zagrożeń powierzchniowymi ruchami masowymi wraz z utrzymaniem istniejącej sieci obserwacyjnej”, PIG-PIB, Kraków 2016, p. 5-7

# MONITORING GEOTECHNICZNY

## MONITORING POWIERZCHNIOWY

- Wskaźniki rozwarcia rys, szczelin
- Szczelinomierze linkowe (strunowy)
- Szczelinomierze precyzyjne (1D, 2D, 3D)
- Ekstensometry taśmowe, linkowe
- Pochyłomierze przenośne
- Pochyłomierze precyzyjne
- Wahadła

- Geofony
- Sejsmografy, sejsmometry
- Akcelerometry



## MONITORING WGLĘBNY

- Inklinometry przenośne
- Inklinometry łańcuchowe (IPI)
- Inklinometry modułowe (np. typu SAA)
- Pomiary reflektometryczne TDR
- Ekstensometry prętowe, strunowe....
- Ekstensometry przenośne
- Repery wgłębne
- Hydroniwelatory
- Profilometry hydrauliczne (hydroprofilometry)
- Piezometry otwarte (studnia obserwacyjna, piezometr Casagrande'a)
- Piezometry zamknięte (pomiar ciśnienia piezometrycznego) - czujniki do pomiaru ciśnienia porowego
- Czujniki do pomiaru ciśnienia porowego wody
- Czujniki do pomiaru naprężeń/parcia gruntu/skał
- Czujniki do pomiaru naprężeń/parcia obudowy
- Czujnik do pomiaru obciążenia kotew (wciągach sprężających)
- Czujniki do pomiaru obciążeń konstrukcji
- Tensometry
- Systemy światłowodowe
- Czujniki do pomiaru wilgotności

# MONITORING GEOFIZYCZNY

- Tomografia elektrooporowa ERT
- Profilowanie konduktometryczne EM
- Profilowanie georadarowe GPR
- Wielokanałowa analiza fal powierzchniowych MASW



➤ **Pomiary deformacji**

Szczelinomierze

Pochyłomierze i urządzenia pokrewne

Pomiar przemieszczeń wgłębnych

Systemy inklinometryczne

Pomiary reflektometryczne TDR

Ekstensometry

Hydroniwelator i hydroprofilometr i urządzenia pokrewne

➤ **Pomiary położenia zwierciadła wody i ciśnienia porowego wody**

➤ **Pomiary parcia i naprężeń**

➤ **Pomiary obciążeń i odkształceń elementów konstrukcyjnych**

➤ **Pomiary drgań**



# TYPY INSTRUMENTÓW POMIAROWYCH I METODY POMIAROWE

|  |                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>SYSTEMY/URZADZENIA<br/>ZALECANE I PREFEROWANE</b> | zdefiniowane jako te, które <b>pozwalają na bezpośrednie osiągnięcie celu</b> bez ograniczeń i uwarunkowań.                                                                                                                                                                                                |
|  | <b>SYSTEMY/URZADZENIA<br/>WARUNKOWO STOSOWANE</b>    | charakteryzujące się <b>mniejszą dokładnością, precyzją w wykonywaniu pomiarów</b> , które pozwalają na osiągnięcie celu tylko przy spełnieniu dodatkowych kryteriów, np.:<br>tylko dla konkretnego rodzaju gruntu, tylko dla danej sytuacji, itp                                                          |
|  | <b>SYSTEMY/URZADZENIA NIE<br/>ZALECANE</b>           | <b>nie dedykowane danym pomiarom, jednak pozwalają na wyprowadzenie parametrów w sposób pośredni.</b> Przy odpowiedniej obróbce pozyskanych danych istnieje możliwość uzyskania wyników mniej lub bardziej bliższych do rzeczywistości. Ta grupa jest szczególnie wrażliwa na doświadczenie dokumentatora. |
|  | <b>NIE DOTYCZY</b>                                   | pojęcie to stosowano w przypadku gdy wskazanymi urządzeniami lub systemami <b>nie wykonuje się tego typu pomiarów</b>                                                                                                                                                                                      |

|                                                                             |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Pomiar deformacji<br>NIECIĄGŁYCH                                            |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pomiar deformacji<br>CIĄGŁYCH                                               |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| WYCHYLENIE/OBRÓT                                                            |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pomiar deformacji<br>OSIOWYCH<br>(pionowe lub poziome<br>lub pomiędzy nimi) |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pomiar deformacji<br>PIONOWYCH                                              |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pomiary deformacji<br>POZIOMYCH                                             |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pomiary deformacji<br>WGŁĘBNYCH                                             |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pomiary deformacji<br>POWIERZCHNIOWYCH                                      |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Wyznaczenie<br>współrzędnych<br>punktów                                     |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Pomiary sytuacyjno-<br>wysokościowy                                         |                                                          |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| NAZWA METODY/<br>URZĄDZENIA                                                 | Pomiary satelitarne GNSS                                 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Pomiary tachimetryczne<br>(dalmierz)                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Niwelacja                                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Satelity optyczne o średniej<br>zdolności rozdzielczej   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Satelity optyczne o wysokiej<br>zdolności rozdzielczej   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Satelity operujące w zakresie<br>radarowym               |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Satelitarna interferometria<br>radarowa                  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Naziemna interferometria<br>radarowa                     |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Lotniczy skaning laserowy                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Mobilny skaning laserowy z<br>niskiego pułapu lotniczego |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Naziemny skaning laserowy                                |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| FOTOGRAMETRIA                                                               | Fotogrametria lotnicza                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|                                                                             | Fotogrametria niskiego pułapu<br>- Bezzałogowe Statki    |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Powietrzne (ang.  
UnmannedAerialVehicles)

|                                                                             |                                                              |                         |                                          |                       |                         |                          |         |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------|---------|
| Pomiar deformacji<br>NIECIĄGŁYCH                                            |                                                              |                         |                                          |                       |                         |                          |         |
| Pomiar deformacji<br>CIĄGŁYCH                                               |                                                              |                         |                                          |                       |                         |                          |         |
| WYCHYLENIE/OBRÓT                                                            |                                                              |                         |                                          |                       | M                       | A                        | M/A     |
| Pomiar deformacji<br>OSIOWYCH<br>(pionowe lub poziome<br>lub pomiędzy nimi) | M                                                            | M/A                     | A                                        | M/A                   |                         |                          |         |
| Pomiar deformacji<br>PIONOWYCH                                              | M                                                            | M/A                     | A                                        | M/A                   |                         |                          |         |
| Pomiary deformacji<br>POZIOMYCH                                             | M                                                            | M/A                     | A                                        | M/A                   |                         |                          |         |
| Pomiary deformacji<br>WGŁĘBNYCH                                             |                                                              |                         |                                          |                       |                         |                          |         |
| Pomiary deformacji<br>POWIERZCHNIOWYCH                                      |                                                              |                         |                                          |                       |                         |                          |         |
| Wyznaczenie<br>współrzędnych punktów                                        |                                                              |                         |                                          |                       |                         |                          |         |
| Pomiary sytuacyjno-<br>wysokościowy                                         |                                                              |                         |                                          |                       |                         |                          |         |
| NAZWA METODY/<br>URZĄDZENIA                                                 | Wskaźniki rozwarcia rys,<br>szczelin                         | Szczelinomierze linkowe | Szczelinomierze precyzyjne 1D,<br>2D, 3D | Ekstensometry taśmowy | Pochyłomierze przenośne | Pochyłomierze precyzyjne | Wahadła |
|                                                                             | INSTRUMENTY<br>GEOTECHNICZNE<br>MONITORING<br>POWIERZCHNIOWY |                         |                                          |                       |                         |                          |         |