



# Sondowania statyczne CPTU Sprzęt, interpretacja, jakość

---

dr inż. Bartłomiej Czado

BAARS Geotechnical Measures

Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Krośnie, Zakład Budownictwa





# Sondowanie CPTU Podstawy w pigułce

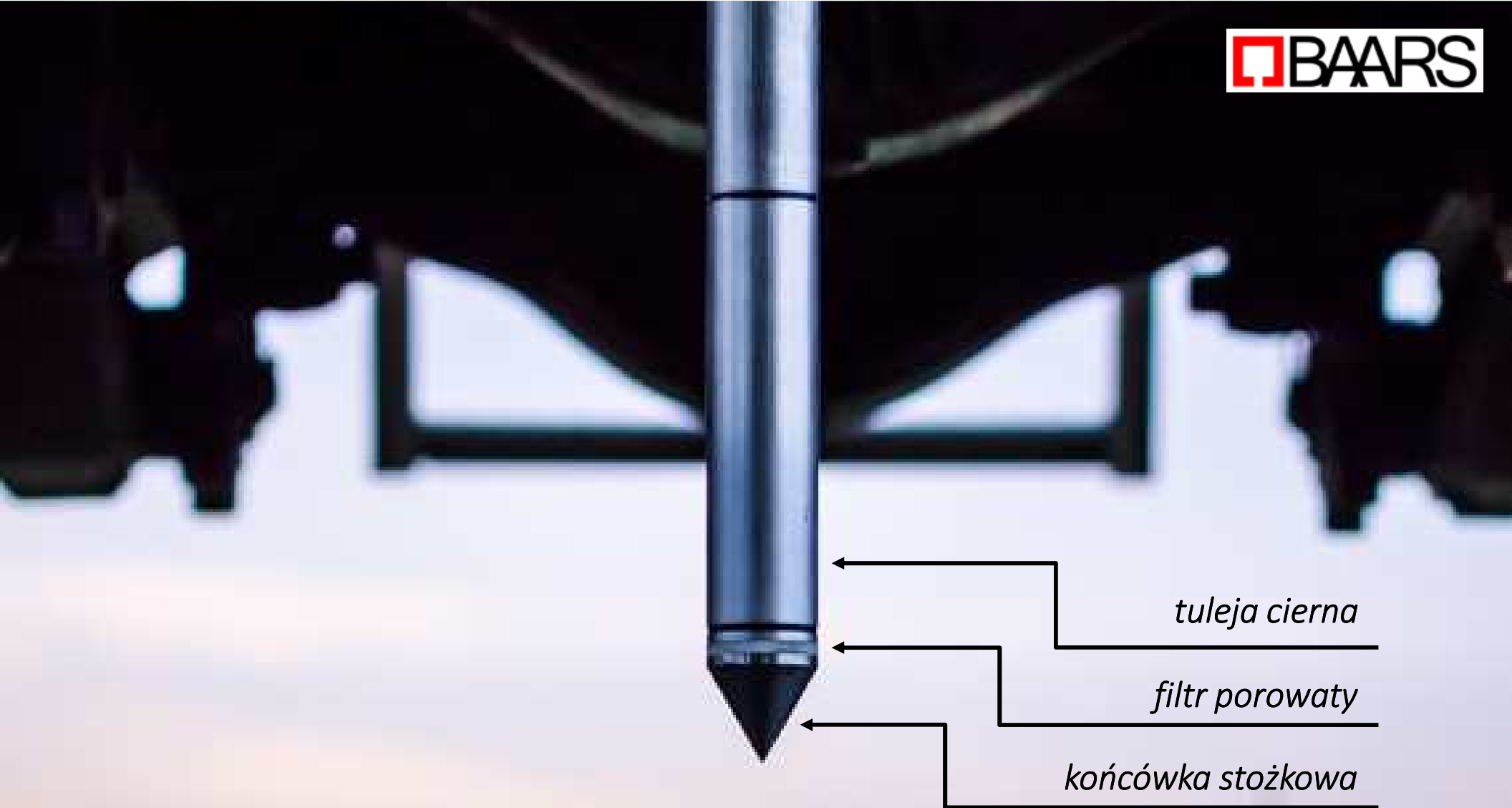
---



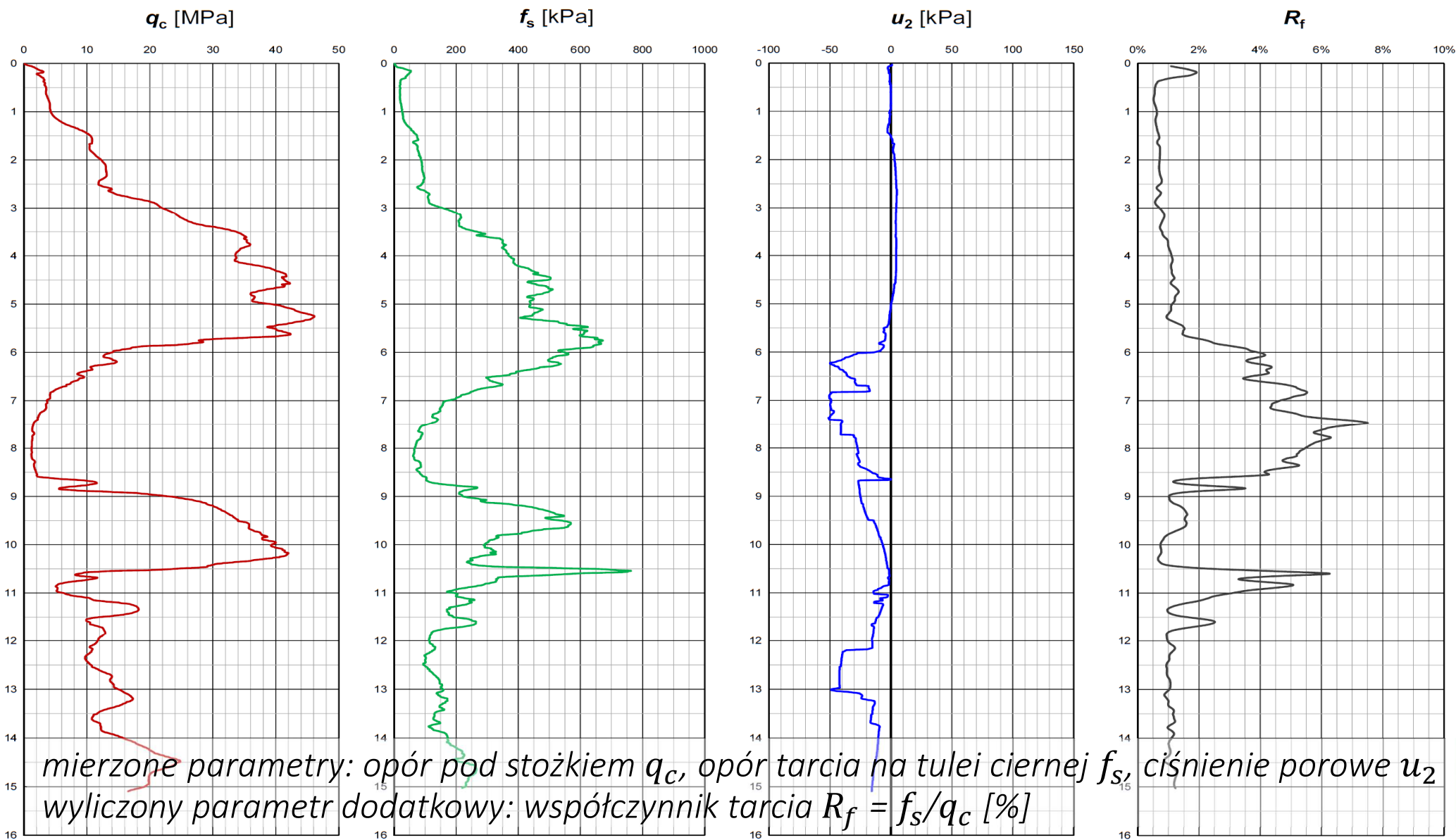


*Stożek sondy statycznej CPTU przygotowany do pracy (fot. B. Czado)*

Badanie CPT polega na wciskaniu sondy stożkowej pionowo w grunt za pomocą kolumny żerdzi. Sonda [...] powinna być wciskana w grunt ze stałą prędkością zagłębiania. [PN-EN 1997-2]. Prędkość ta wynosi  $20 \pm 5$  mm/s.



Podczas badania należy pomierzyć opór zagłębiania stożka ( $q_c$ ), jak również, w miarę możliwości, tarcie na tulei czarnej ( $f_s$ ). [PN-EN 1997-2] W badaniu tzw. piezostożkiem (CPTU) mierzy się także ciśnienie porowe ( $u_2$ ).



Wyniki badania CPTU przedstawia się na ogół w formie wykresów mierzonych parametrów w funkcji głębokości.

# Badania CPT w normach

---

PN-EN 1997-2

Eurokod 7

Projektowanie geotechniczne

Część 2: Rozpoznanie i badanie podłoża gruntowego

Rozdział 4 Badania polowe gruntów i skał

4.3 Badania statyczną sondą stożkową bez pomiaru (CPT)  
i z pomiarem (CPTU) ciśnienia wody w porach

# Badania CPT w normach

---

ISO 22476-1:2012

Geotechnical investigation and testing – Field testing –  
Part 1: Electrical cone and piezocone penetration tests.

W normie zawarto szczegółowe wymagania dotyczące

- sprzętu do badań,
- procedur wykonawczych,
- raportowania wyników

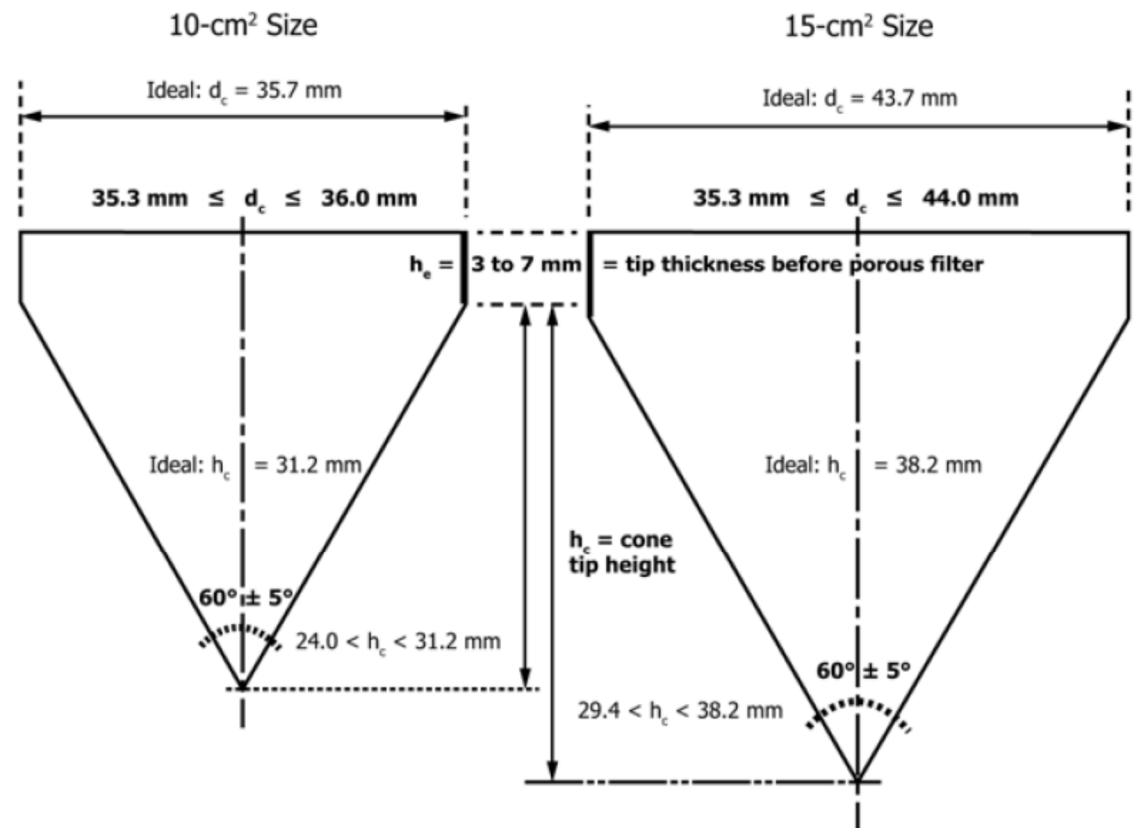
dla badań stożkami elektrycznymi CPT i piezostożkami CPTU jako elementu rozpoznania podłoża gruntowego zgodnie z normą Eurokod 7.

# Badania CPT w normach

## ASTM D5778-12

Standard Test Method for Electrobnic Friction Cone and Piezocone Penetration Testing of Soils.

W normie zawarto m.in. szczegółowe wymogi odnośnie konstrukcji stożka o powierzchni przekroju 15 cm<sup>2</sup>.





| Informacje i parametry   | Możliwe do otrzymania wyniki |       |       |       |                   |                    |
|--------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------------------|--------------------|
|                          | Metody badań polowych        | CPTU  | PMT   | DMT   | DPL <sub>/M</sub> | DPH <sub>/SH</sub> |
| rodzaj gruntu            | C2 F2                        | C3 F3 | C2 F2 | C3 F3 | C3 F3             | -                  |
| granice warstw           | C1 F1                        | C3 F3 | C2 F1 | C1 F2 | C1 F2             | -                  |
| poziom z.w.g.            | C2                           | -     | -     | -     | -                 | -                  |
| ciśnienie porowe         | C2 F2                        | F3    | -     | -     | -                 | -                  |
| gęstość                  | C2 F2                        | -     | C2 F2 | C2    | C2                | -                  |
| wytrzymałość na ścinanie | C2 F1                        | C1 F1 | C2 F1 | C2 F3 | C2 F3             | C1 F1              |
| ściśliwość               | C1 F2                        | C1 F1 | C2 F1 | C2 F2 | C2 F2             | C1 F1              |
| wodoprzepuszczalność     | C3 F2                        | F3    | -     | -     | -                 | -                  |

możliwość uzyskania: 1 – wysoka, 2 – średnia, 3 – niska; w gruntach: C – gruboziarnistych, F – drobnoziarnistych



# Sprzęt do badań CPT

---



A Division of  **VERTEK**

**GOUDA GEO-EQUIPMENT B.V.**



**a.p. van den berg**  
*The CPT factory*

**CONETEC**

**GeoPoint**  
Systems bv

**Geomil**  
equipment

**GREGG**

**Envi**   
Environmental Mechanics AB

**GEO TECH**  
SPECIALISTS IN GEOTECHNICAL FIELD EQUIPMENT

**Geoprobe**

**PAGANI**  
GEOTECHNICAL EQUIPMENT

## Producenci sprzętu CPTU

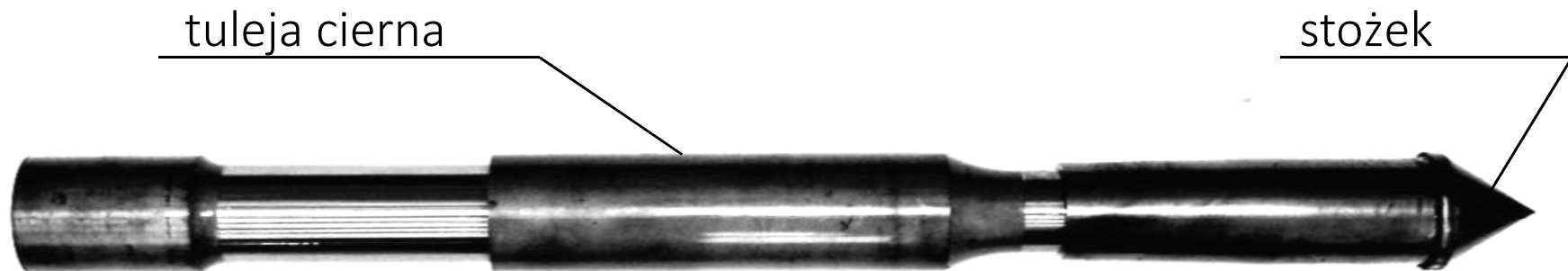


# Sprzęt do badań CPT Stożki



# Stożek mechaniczny CPT

Stożek Begemann'a (pierwsza publikacja wyników badań – rok 1953)



Główne cechy stożka:

Średnica: 36 mm

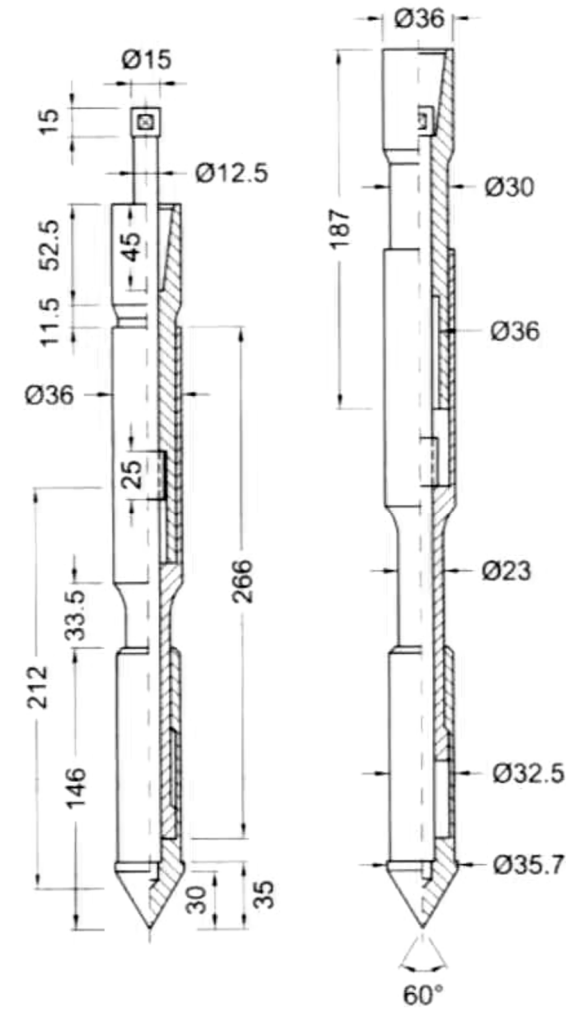
Powierzchnia: 10 cm<sup>2</sup>

Kąt wierzchołkowy: 60°

Powierzchnia boczna tulei ciernej: 150 cm<sup>2</sup>



położenie tulei ciernej



## Stożki sondy statycznej

elektryczny CPTU (z lewej) oraz mechaniczny CPTM – tzw. stożek Begemanna (z prawej)

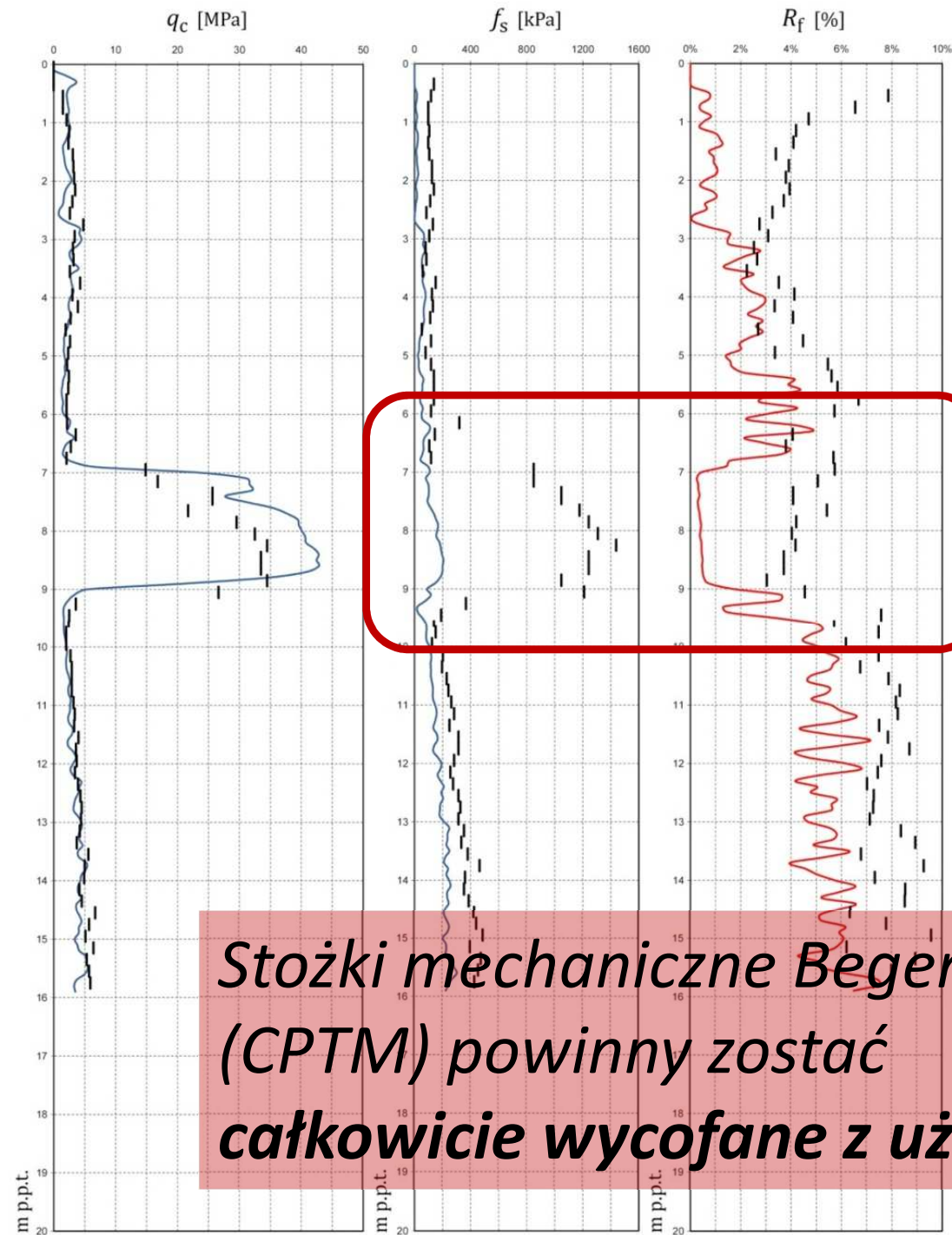
# Porównanie wyników badań CPTM i CPTe

stożek elektryczny (linie ciągłe)

stożek mechaniczny (znaczniki)

Badania zostały wykonane:

- tego samego dnia,
- w odległości 1 m od siebie,
- tym samym urządzeniem wciskającym



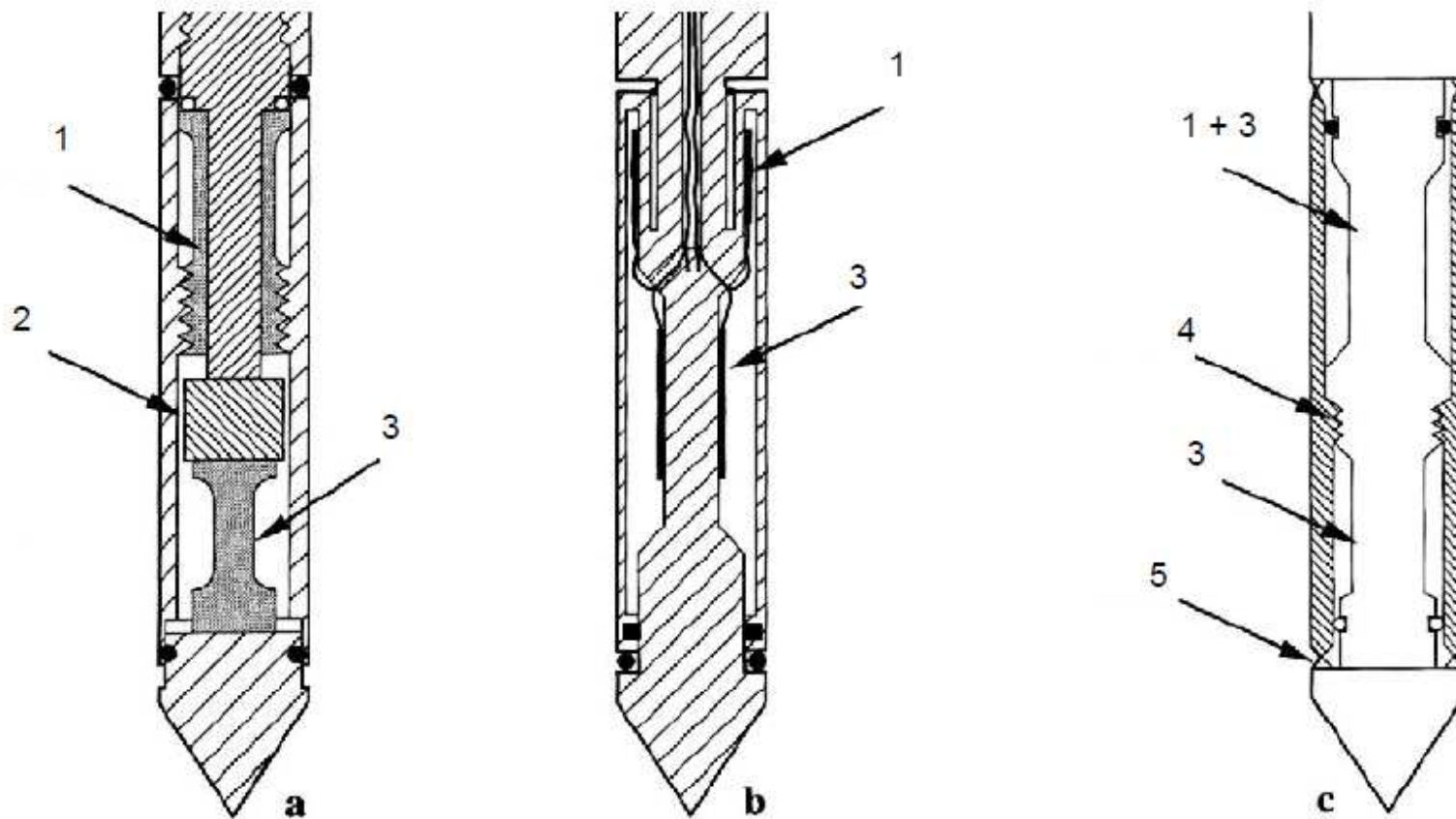
**Stożki mechaniczne Begemanna (CPTM) powinny zostać całkowicie wycofane z użycia!**



*Stożki sondy statycznej CPTU o powierzchni przekroju 10 cm<sup>2</sup> oraz 15 cm<sup>2</sup> (fot. B. Czado)*

Standardowym rozmiarem stożka jest stożek o średnicy 36 mm (powierzchnia przekroju 10 cm<sup>2</sup>), jednak w praktyce często lepiej sprawdza się stożek większy, o średnicy 44 mm (15 cm<sup>2</sup>)





### Key

- a Cone resistance and sleeve friction load cells in compression
- b Cone resistance load cell in compression and sleeve friction load cells in tension
- c Subtraction type cone penetrometer

- 1 Sleeve load cell
- 2 Point load cell overload protection device
- 3 Cone load cell
- 4 Thread
- 5 Soil seal

# Typowe rozwiązania konstrukcji stożka [ISO 22476-1]



## Dodatkowa sekcja do badań sejsmicznych S-CPT oraz stożek CPTU o powierzchni 15 cm<sup>2</sup>



## Inne typy stożków

od góry: sejsmiczny, conductivity, videocone, CPTU 15 i 10 cm<sup>2</sup>, dylatometr



# Sprzęt do badań CPT Urządzenia do wciskania

---





# Lekkie urządzenia wciskające

Urządzenia bez własnego napędu, wymagają kotwienia, można stosować wewnątrz budynków



## Pagani TG-63 150 (Politechnika Krakowska)

Masa własna około 1t, dostępna teoretycznie siła wcisku 150kN, wymaga kotwienia (2 świdry)

# Gouda GRIFFIN

Masa własna około 3t,  
dostępna teoretycznie  
siła wcisku 200kN,  
wymaga kotwienia  
(cztery kotwy  
talerzowe)





# CPT Truck firmy BAARS

Masa własna 22t, zawsze dostępna siła wcisku 200kN, bez konieczności kotwienia w gruncie





# CPT Truck firmy BAARS

Masa własna 22t, zawsze dostępna siła wcisku 200kN, bez konieczności kotwienia w gruncie



# CPT Truck firmy BAARS

Masa własna 22t, zawsze dostępna siła wcisku 200kN, bez konieczności kotwienia w gruncie



# CPT Truck firmy BAARS

Końcówka stożkowa sondy statycznej (CPTU) wprowadzana poprzez podwozie



# CPT Truck firmy BAARS

Układ hydrauliczny do wciskania przewodu - wewnątrz pojazdu



# Crawler-Truck CPT

Masa własna 20 t, zawsze dostępna siła wcisku 180kN, bez konieczności kotwienia w gruncie



# Gouda CPT Crawler

Masa własna 21 t, zawsze dostępna siła wcisku 200kN, bez konieczności kotwienia w gruncie



# Gouda CPT Crawler

konieczność transportu na lawecie



# Gouda CPT Crawler

wnętrze





# Od czego zależy jakość badań CPTU?

---



# Wymogi normowe

---

Sprzęt do nadań CPT/CPTU powinien spełniać wymogi norm:

ISO 22476-1:2013

Geotechnical investigation and testing – Field testing –  
Part 1: Electrical cone and piezocone penetration tests.

PN-EN ISO 10012

Systemy zarządzania pomiarami – Wymagania dotyczące procesów  
pomiarowych i wyposażenia pomiarowego

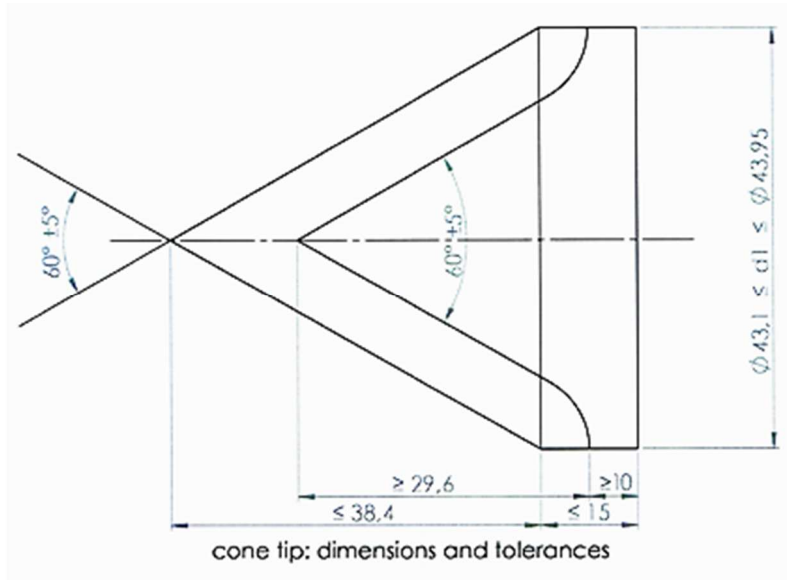
Specyfikacja ISSMGE

International Reference Test Procedure for Cone Penetration Test  
(CPT) and the Cone Penetration Test with pore pressure (CPTU).  
Rotterdam, 1999.

# Wymogi co do stożka

Wymogi co do konstrukcji stożka sondy CPTU dotyczą m.in.:

- tolerancji wymiarowych,
- szorstkości powierzchni stożka i tulei ciernej,
- przepuszczalności filtrów porowych,
- dokładności czujników i systemów pomiarowych, itd.



$d2 \geq d1$   
 $d1 < d2 < d1 + 0,35$   
 $d2 < 25,4$

# Kalibracja układu pomiarowego

---

Kalibracja stożków powinna następować nie rzadziej niż:

- co 6 miesięcy, według normy ISO 22476-1,
- nawet co 3 miesiące, według specyfikacji ISSMGE
- co każde 1000 mb wykonanych badań, według standardów przyjętych przez renomowane firmy zachodnie oraz BAARS

Kalibracja systemu akwizycji danych

– nie rzadziej niż raz w roku!

Wymiana i saturacja filtra porowego CPTU

– przed każdym badaniem!

# Certyfikat kalibracji

stożek CPTU  
o przekroju  
15 cm<sup>2</sup>

Sondeerapparatuur Waterspanningsmeters Hellingmeters Veldmeetapparatuur



Rijksstraatweg 22F  
2171 AL Sassenheim  
Tel. : +31 71 301 92 51  
Fax : +31 71 301 92 52  
E-mail : info@geopoint.nl  
BTW : NL814690178.B01  
IBAN : NL28 INGB0682301396  
BIC : INGBNL2A



## Conus Kalibratie Certificaat

Certificaat: **GS-1355-001**  
Instrument Type: Elektrische Aftrek Conus  
Model: S15-CFIIP  
Serienummer: 1355  
Kalibratiedatum: 19-11-2015  
Klant: Baars  
Gekalibreerd door: M. van Es  
**Kalibratie instrument**  
Fabrikant: Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH  
HBM certificaat nr. : 49046  
**Kalibratie condities**  
Omgevingstemperatuur: 18,7 °C  
Atmosferische druk: 1011 mBar  
**Conus specificaties**  
Oppervlakte punt: 1500 mm<sup>2</sup>  
Kracht puntweerstand (nom.): 100 kN  
Oppervlakte mantel: 22500 mm<sup>2</sup>  
Belasting punt + lokale mantelwrijving (nom.): 100 kN  
Belasting mantelwrijving (nom.): 22.5 kN  
Belasting waterspanning (nom.): 2 MPa  
Helling (nom.): +/- 20 °  
Temperatuurcompensatie (alle kanalen): 0...+40 °C  
Maximum overbelasting (alle kanalen): 100 %  
Oppervlakte verhouding conuspunt (a): 0.79  
Max. afwijking, relatief tot gemeten waarde: 1,0 %

| Punt:<br>qc in kN | mV   | Kleef:   |      | Waterspanning: |      | Helling: |        |        |
|-------------------|------|----------|------|----------------|------|----------|--------|--------|
|                   |      | fs in kN | mV   | MPa            | mV   | Graden   | X (mV) | Y (mV) |
| Nulpunten:        | 0270 |          | 0227 |                | 0230 |          |        |        |
| 0                 | 0    | 0        | 0    | 0              | 0    | 0        | 2431   | 2337   |
| 5                 | 0303 | 5        | 0311 | 0,4            | 1410 | -20      | 0311   | 0274   |
| 10                | 0606 | 10       | 0624 | 0,8            | 2813 | 20       | 4536   | 4450   |
| 15                | 0911 | 15       | 0938 | 1,2            | 4211 |          |        |        |
| 20                | 1215 | 20       | 1250 | 1,6            | 5607 |          |        |        |
| 25                | 1519 | 25       |      |                |      |          |        |        |
| 30                | 1824 | 30       |      |                |      |          |        |        |
| 35                | 2129 | 35       |      |                |      |          |        |        |
| 40                | 2434 | 40       |      |                |      |          |        |        |
| 45                | 2737 | 45       |      |                |      |          |        |        |
| 50                | 3039 | 50       |      |                |      |          |        |        |
| 75                | 4545 | 75       |      |                |      |          |        |        |
| 100               | 6047 | 100      |      |                |      |          |        |        |

Gecontroleerd door: B. van Eijk  
Datum: 19-11-2015

Ingeschreven in het handelsregister van de K.v.K. voor Rijnland onder nummer 28

Gecontroleerd door: B. van Eijk  
Datum: 19-11-2015

www.geopoint.nl  
www.geopoint.eu

Ingeschreven in het handelsregister van de K.v.K. voor Rijnland onder nummer 28106251.

# Certyfikat kalibracji

stożek CPTU  
o przekroju  
10 cm<sup>2</sup>

Sondeerapparatuur

Waterspanningsmeters

Hellingmeters

Veldmeetapparatuur



Rijksstraatweg 22F  
2171 AL Sassenheim  
Tel. : +31 71 301 92 51  
Fax : +31 71 301 92 52  
E-mail : info@geopoint.nl  
BTW : NL814690178.801  
IBAN : NL28 INGB0682301396  
BIC : INGBNL2A

## Conus Kalibratie Certificaat

**Certificaat:** **GS-1085-001**  
**Instrument Type:** Elektrische Aftrek Conus  
**Model:** S10-CFIIP  
**Serienummer:** 1085  
**Kalibratiedatum:** 14-10-2015  
**Klant:** Gouda Geo  
**Gekalibreerd door:** W. Volgering  
**Kalibratie instrument**  
**Fabrikant:** Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH  
**HBM certificaat nr. :** FN824  
**Kalibratie condities**  
**Omgevingstemperatuur:** 22,0 °C  
**Atmosferische druk:** 1020 mBar  
**Conus specificaties**  
**Oppervlakte punt:** 1000 mm<sup>2</sup>  
**Kracht puntweerstand (nom.):** 50 kN  
**Oppervlakte mantel:** 15000 mm<sup>2</sup>  
**Belasting punt + lokale mantelwrijving (nom.):** 50 kN  
**Belasting mantelwrijving (nom.):** 15 kN  
**Belasting waterspanning (nom.):** 2 MPa  
**Helling (nom.):** +/- 20 °  
**Temperatuurcompensatie (alle kanalen):** 0...+40 °C  
**Maximum overbelasting (alle kanalen):** 100 %  
**Oppervlakte verhouding conuspunt (a):** 0,80  
**Max. afwijking, relatief tot gemeten waarde:** 1,0 %

| Nulpunten: | Punt:    |    | Kleef:   |     | Waterspanning: |     | Helling: |        |        |
|------------|----------|----|----------|-----|----------------|-----|----------|--------|--------|
|            | qc in kN | mV | fs in kN | mV  | MPa            | mV  | Graden   | X (mV) | Y (mV) |
| 0          | 0        | 0  | 0        | 0   | 0              | 0   | 0        | 2571   | 2540   |
| 5          | 0377     | 5  | 0379     | 0,4 | 1661           | -20 | 0437     | 0335   |        |
| 10         | 0757     | 10 | 0760     | 0,8 | 3313           | 20  | 4696     | 4576   |        |
| 15         | 1136     | 15 | 1142     | 1,2 | 4956           |     |          |        |        |
| 20         | 1516     | 20 | 1523     | 1,6 | 6589           |     |          |        |        |
| 25         | 1894     | 25 | 1903     | 2,0 | 8218           |     |          |        |        |
| 30         | 2274     | 30 | 2285     |     |                |     |          |        |        |
| 35         | 2653     | 35 | 2667     |     |                |     |          |        |        |
| 40         | 3032     | 40 | 3047     |     |                |     |          |        |        |
| 45         | 3410     | 45 | 3428     |     |                |     |          |        |        |
| 50         | 3790     | 50 | 3811     |     |                |     |          |        |        |

Max. fout, abs. qc: 35 kPa  
Max. fout, abs. fs: 2 kPa  
Max. fout, abs. u2: 10 kPa  
Max. fout, abs. l: 1 °

Deze kalibratie is in overeenstemming met GeoPoint Systems interne kwaliteitssysteem, interne kalibratie procedures en voldoet aan de eisen van de NEN2649, NEN5140, NORSOK G-001, ISSMFE en ASTM, waarbij gebruik wordt gemaakt van kalibratie-apparatuur traceerbaar aan (inter-) nationale normen.

**Nieuw:**  
**Gerepareerd:**


**Gecontroleerd door:** R. Mosterd  
**Datum:** 14-10-2015

**Gecontroleerd door:** R. Mosterd  
**Datum:** 14-10-2015

Ingeschreven in het handelsregister van de K.v.v.K voor Rijland onder num.  
Op al onze leveranties en/of overeenkomsten zijn de algemene verkoopvoorwaarden van toepassing.

# Certyfikat kalibracji

system akwizycji danych



**WWW.GOUDA.GEO.COM**  
Down to Earth

Gouda Geo-Equipment B.V.  
Veerpolder 5-D  
2361 KX Warmond  
The Netherlands

Tel. + 31 (0)715.318.475  
E-mail: info@gouda-geo.com

## Certificate of Calibration

Certificate No. CMI-15.08.698

| Instrument                           |                         |  |  |                                     |           |  |  |
|--------------------------------------|-------------------------|--|--|-------------------------------------|-----------|--|--|
| Instrument Type:                     | Data acquisition system |  |  | Calibration Result: Certified       |           |  |  |
| Manufacturer:                        | GME                     |  |  | Date Calibrated:                    | 18-8-2015 |  |  |
| Model No.:                           | GME500                  |  |  | Next Due Date:                      | 18-2-2016 |  |  |
| Serial No.:                          | 981211-13               |  |  |                                     |           |  |  |
| Used Calibration Procedure: GGCEP001 |                         |  |  | Location: Warmond (The Netherlands) |           |  |  |

| Customer                   |                             |
|----------------------------|-----------------------------|
| Calibration performed for: | Baars Geotechnical Measures |
| Work Order:                |                             |
| Customer's ID:             |                             |

| Calibration Instruments |                         |  |  |  |  |  |  |
|-------------------------|-------------------------|--|--|--|--|--|--|
| Instrument Type:        | Volt/mA Loop Calibrator |  |  |  |  |  |  |
| Manufacturer:           | Fluke                   |  |  |  |  |  |  |
| Model No.:              | 715                     |  |  |  |  |  |  |
| Serial No.:             | 9408105                 |  |  |  |  |  |  |
| Accuracy:               | 0.01% + 2 Counts        |  |  |  |  |  |  |
| Date Calibrated:        | November 19, 2014       |  |  |  |  |  |  |
| Next Due Date:          | November 19, 2015       |  |  |  |  |  |  |
| Calibrated By:          | Manufacturer            |  |  |  |  |  |  |
| Traceability:           | 1380692                 |  |  |  |  |  |  |

Calibration Result: Certified

Date Calibrated: 18-8-2015

Next Due Date: 18-8-2016

Location: Warmond (The Netherlands)

|   |  |  |  |  |  |  |  |
|---|--|--|--|--|--|--|--|
| Environmental conditions whilst performing the  |  |  |  |  |  |  |  |
| Condition of Calibrated Apparatus when Received |  |  |  |  |  |  |  |

| Before calibration |        |        |        |        |        |        |        |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Calibrator         | Ch1    | Ch2    | Ch3    | Ch4    | Ch5    | Ch6    | Ch7    |
| [mV]               | Counts | Counts | Counts | Counts | Counts | Counts | Counts |
| 0                  | 00000  | 00000  | 00000  | 00000  | 00000  | 00000  | 00000  |
| 10000              | 30000  | 30000  | 30000  | 30000  | 30000  | 30000  | 30000  |

| After calibration |        |        |        |        |        |                                 |             |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------------------|-------------|
| Calibrator        | Ch1    | Ch2    | Ch3    | Ch4    | Ch5    | Ch6                             | Ch7         |
| [mV]              | Counts | Counts | Counts | Counts | Counts | Counts                          | Counts      |
| 0                 | 00000  | 00000  | 00000  | 00000  | 00000  | 00000                           | 00000       |
| 10000             | 30000  | 30000  | 30000  | 30000  | 30000  | 30000                           | 30000       |
|                   |        |        |        |        |        | negative analog values          | allowed     |
|                   |        |        |        |        |        | leading zero suppression on/off | On          |
|                   |        |        |        |        |        | Baudrate for current loop line  | N.A.        |
|                   |        |        |        |        |        | emul. mode to Argus or normal   | Normal mode |

**Remarks**

Data "As Received" = "As Left" unless otherwise noted. Calibration data for this item was derived from one or more of the following sources: the Netherlands Meetinstituut (NMI) or other national laboratory, a natural physical constant, or a ratio technique. The data is on file at the NMI. This calibration is compliant with Gouda Geo-Equipment's internal quality system, internal calibration procedure and meets the requirements of standards NEN2649, NEN3680 and/or NEN5140. The Calibration Interval will vary from customer use and different conditions. All calibrations are verified at a moment in time; and confirmed within controlled temperature and humidity specified standards. Gouda Geo-Equipment is not responsible for future calibrations. Improper use of the apparatus (e.g. dropping) may cause loss of calibration.

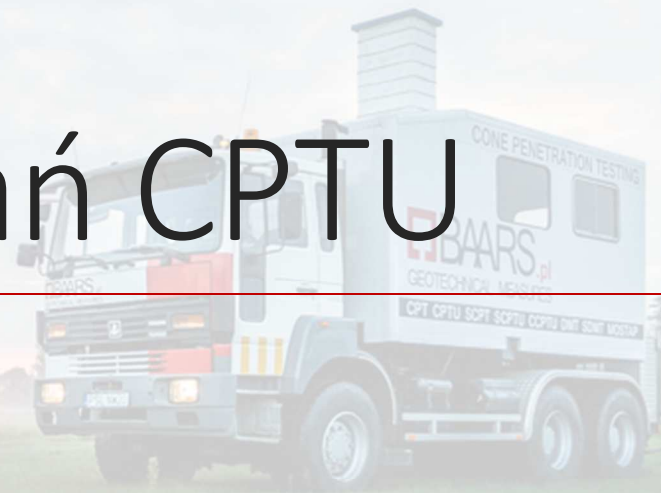
|   |  |
|---|--|
| Calibration performed by:                 | Approved by:                               |
| Ing. Johan van Stijn<br>(Senior Engineer) | Ir. Rob Hogervorst<br>(Technical Director) |

This report shall not be reproduced or duplicated by any means, except in full, without the written approval of Gouda Geo-Equipment B.V.

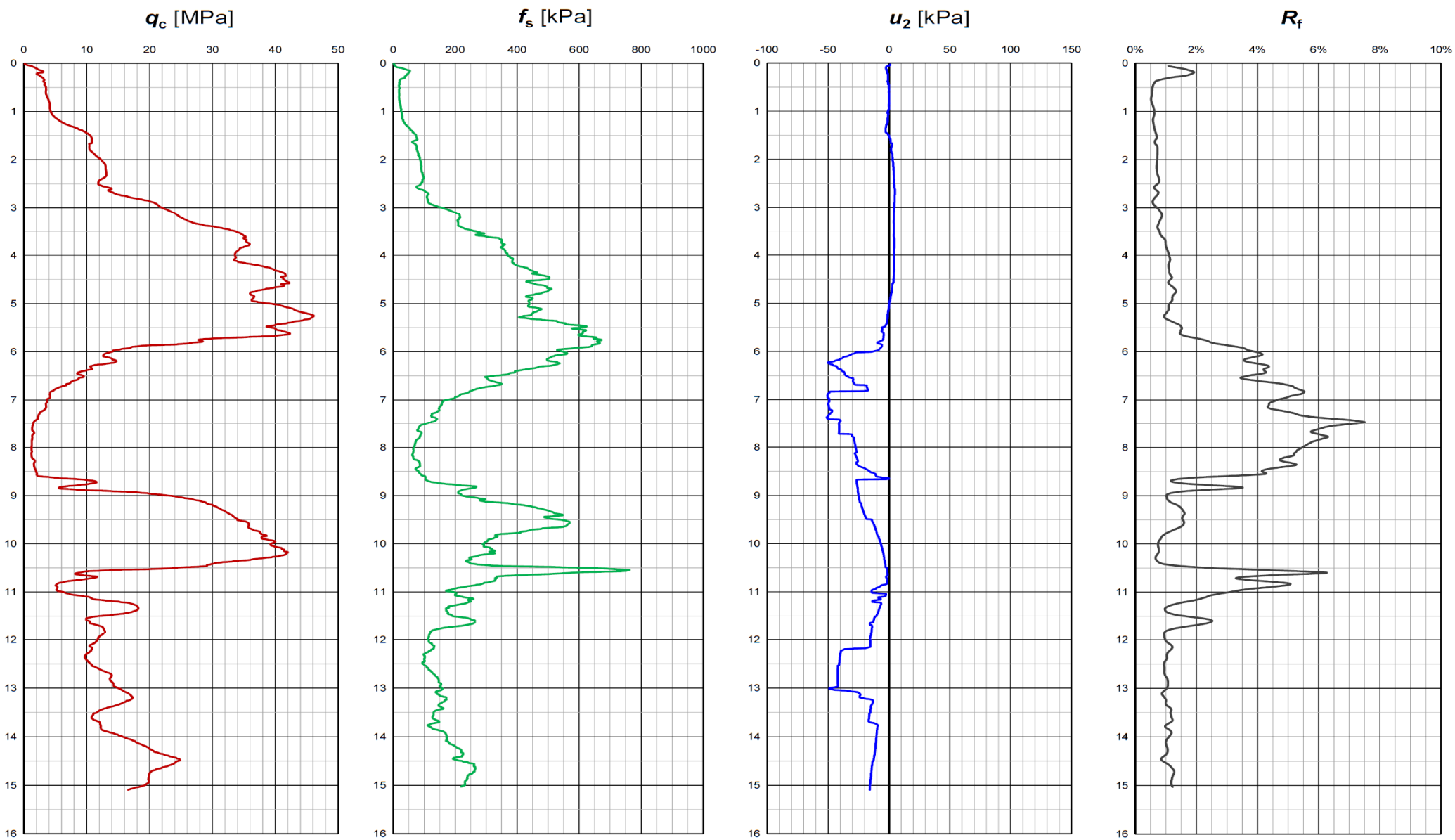


# Interpretacja wyników badań CPTU

---





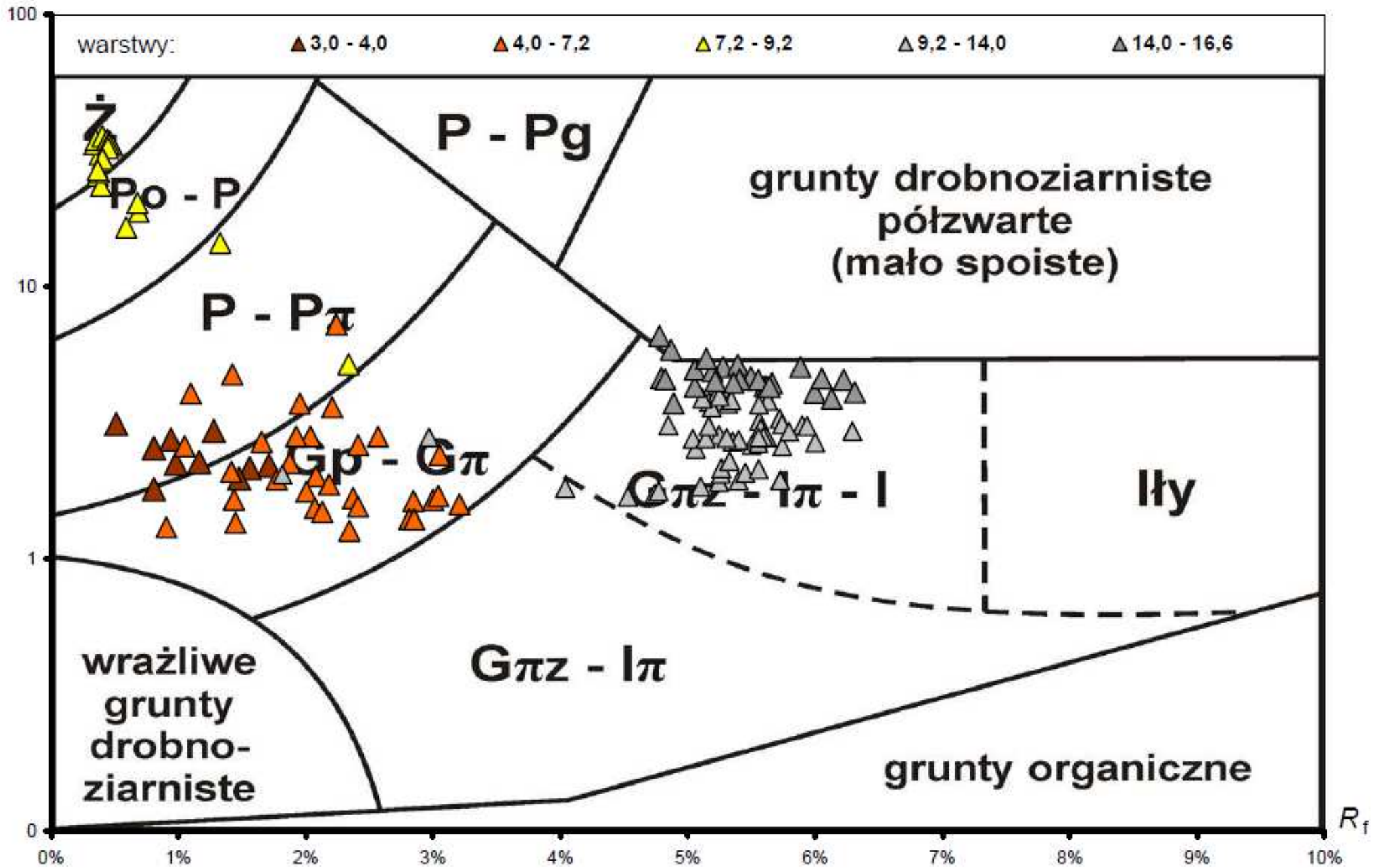


# Wyniki badania CPTU

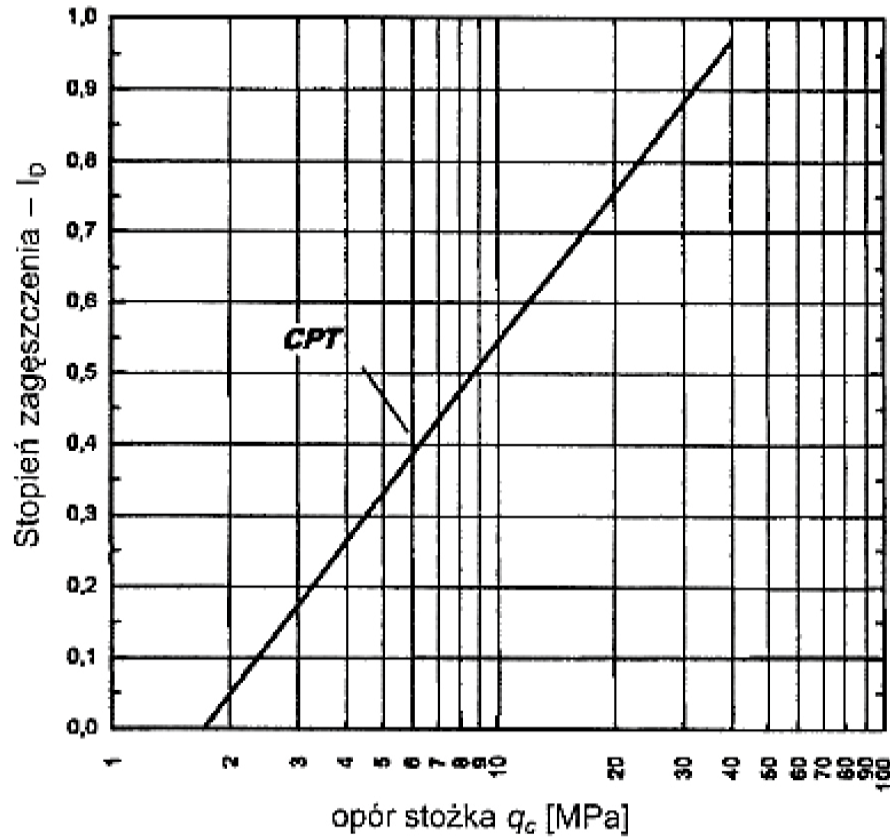
mierzone parametry: opór pod stożkiem  $q_c$ , opór tarcia na tulei ciernej  $f_s$ , ciśnienie porowe  $u_2$   
 wyliczony: współczynnik tarcia  $R_f$

$q_c$  [MPa]

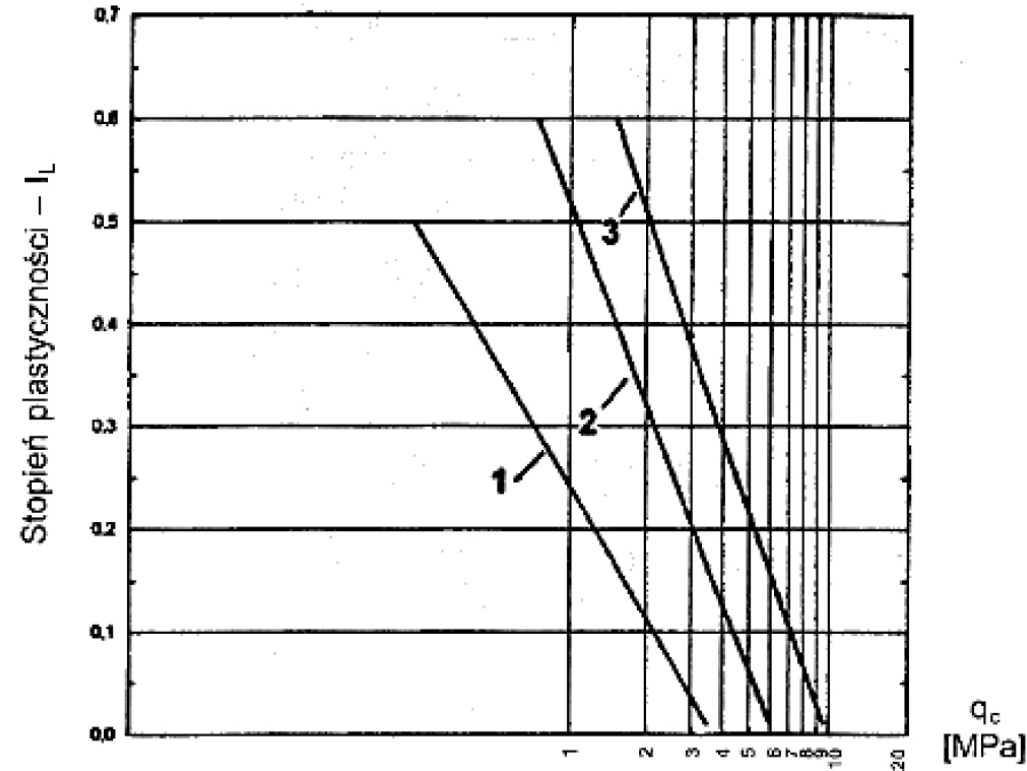
Adaptacja wykresu Robertsona dla gruntów polskich wg PN-B-02482



# Określanie parametrów stanu gruntu wg PN-B-04452



Zależność korelacyjna stopnia zagęszczenia  $I_p$  od oporu pod stożkiem  $q_c$  (Filipowicz, 1995; PN-B-04452, 2002)



- 1 – grunty spoiste,  $f_i > 30\%$ ,
- 2 – grunty spoiste,  $f_i = 10\% \div 30\%$ ,
- 3 – grunty spoiste,  $f_i < 10\%$ .

Zależność korelacyjna stopnia plastyczności  $I_L$  od oporu pod stożkiem  $q_c$  (PN-B-04452, 2002)

# Parametry wytrzymałościowe

Dla gruntów niespoistych (gruboziarnistych) wyznacza się wartość kąta tarcia wewnętrznego  $\varphi$  na podstawie zależności wg DIN 4094:1990:

$$\varphi = 23 + 13,5 \cdot \log(q_c)$$

Dla gruntów spoistych (drobnoziarnistych) wyznacza się wartość wytrzymałości na ścinanie w warunkach bez odpływu  $s_u$  z zależności wg Lunne et al.:

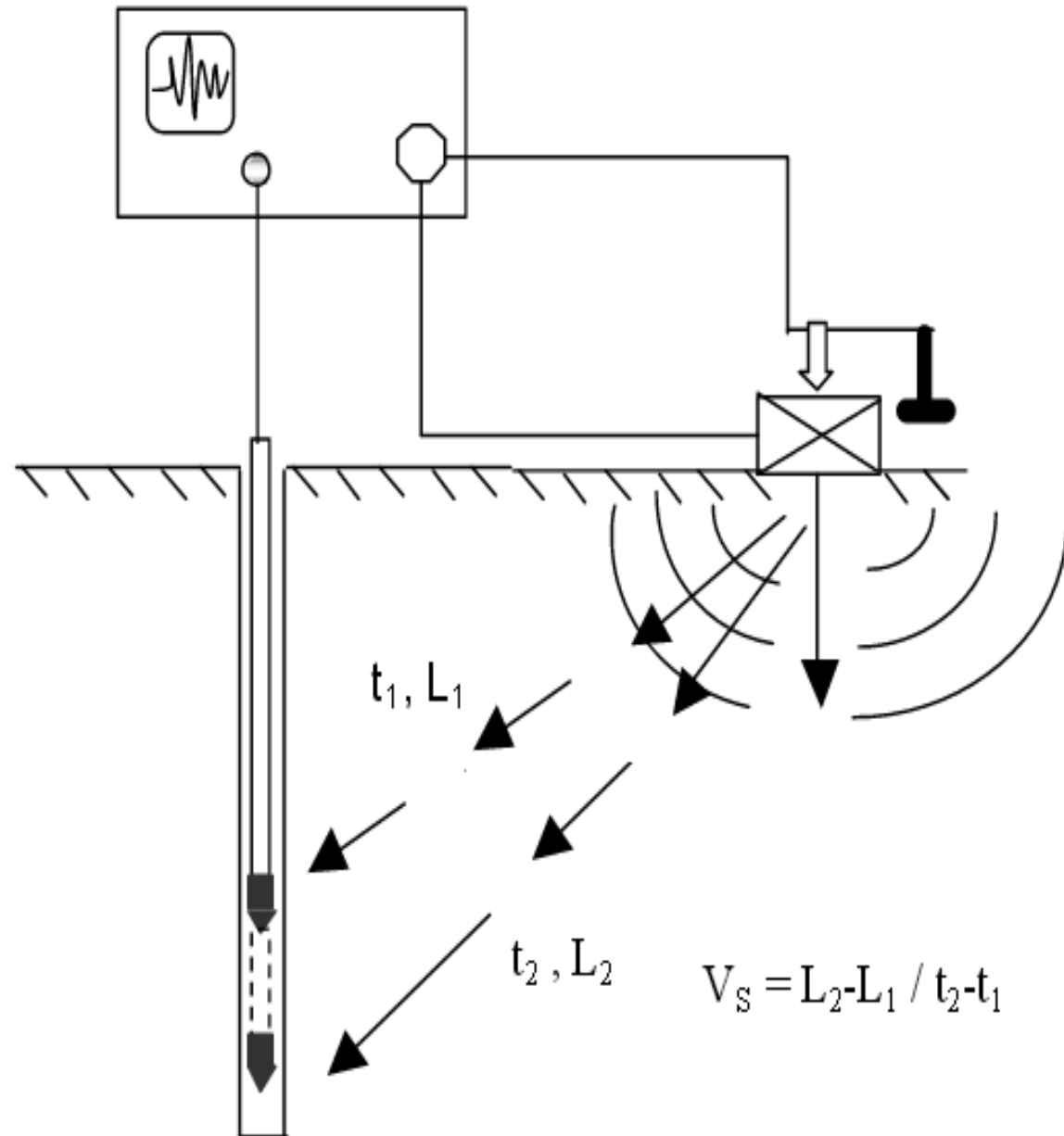
$$s_u = (q_c - \sigma_{vo}) / N_k$$

gdzie:

- $q_c$  - pomierzony opór na stożku, Pa
- $\sigma_{vo}$  - pionowe naprężenie całkowite geostatyczne, Pa
- $N_k$  - współczynnik empiryczny zależny od wskaźnika plastyczności gruntu, przyjmowany zgodnie z propozycją SGI.

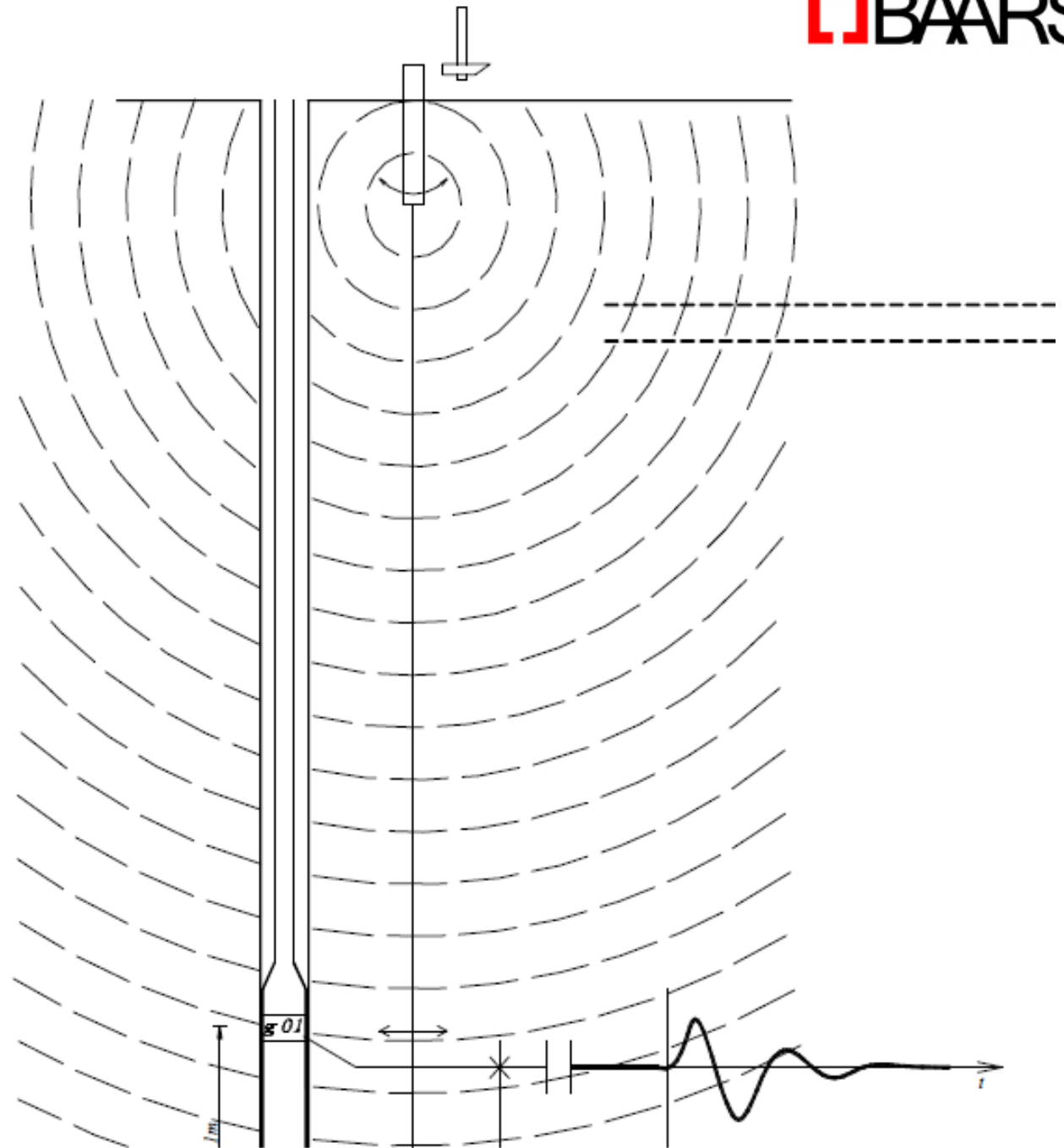
# Badanie sejsmiczne typu S-CPTU

Metodyka badania



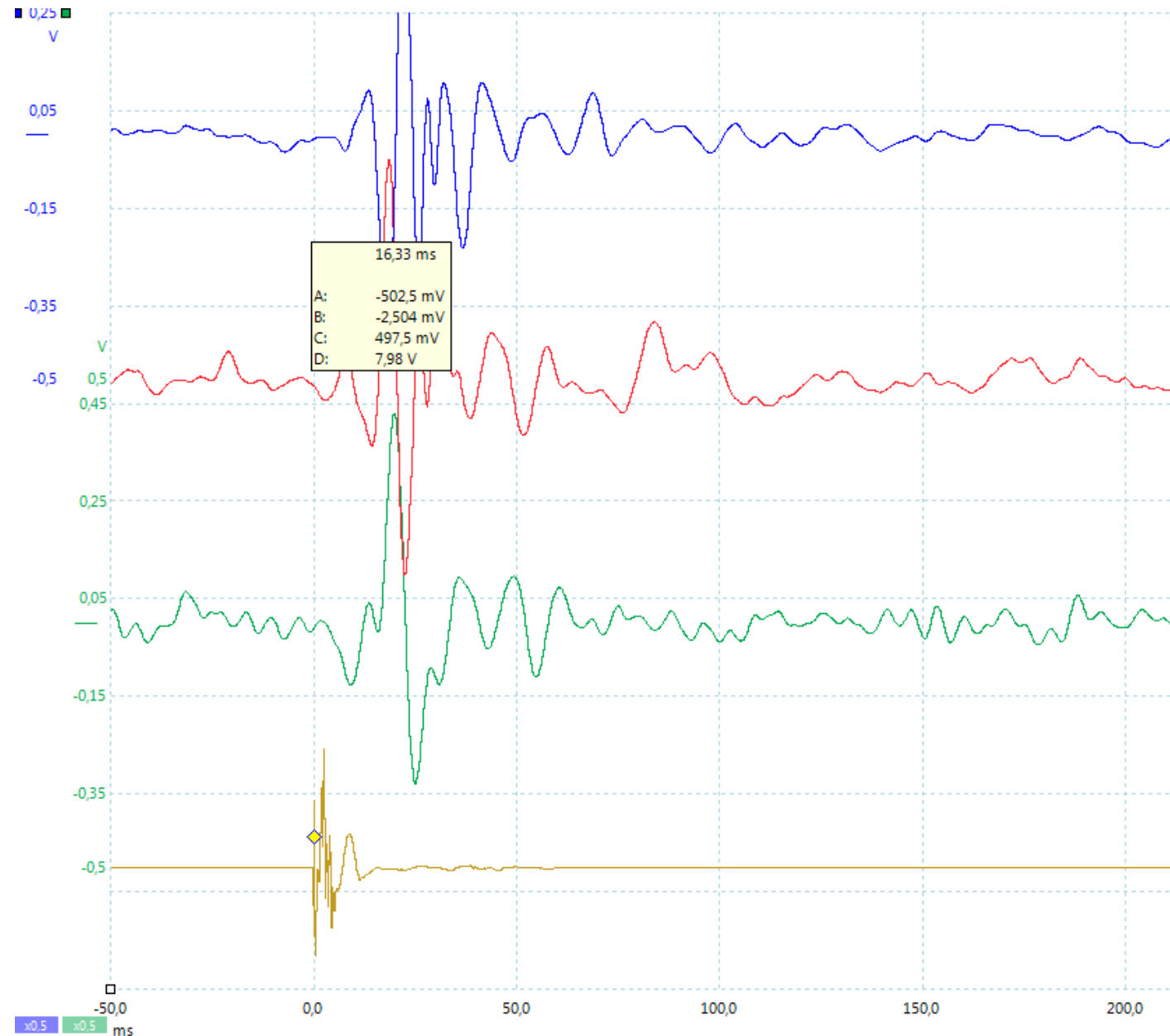
# Badanie sejsmiczne typu S-DMT

Metodyka badania



# Wyniki badania sejsmicznego typu S-CPTU

Przebiegi czasowe przyspieszeń (w trzech kierunkach) oraz sygnał wzbudzenia (tzw. *trigger*)



# Parametry wytrzymałościowe

Na podstawie pomierzonych czasów propagacji fali poprzecznej wyznacza się jej prędkość  $v_s$ . Na tej podstawie wylicza się wartość modułu ścinania  $G_0$  z zależności:

$$G_0 = \rho v_s^2$$

Wyznaczając prędkość propagacji fali podłużnej  $v_p$  można określić wartość współczynnika Poissona z relacji pomiędzy obiema prędkościami zapisanej wzorem:

$$v_p / v_s = [2(1-\nu)/(1-2\nu)]^{1/2}$$

Moduł odkształcenia (dynamiczny) można następnie wyznaczyć z zależności:

$$E_0 = 2 G_0 (1 + \nu)$$

gdzie:

$\nu$  - współczynnik Poissona

$\rho$  - gęstość objętościowa gruntu (dane z wierceń lub interpretacji badania CPT), g/cm<sup>3</sup>





# Raportowanie wyników badań

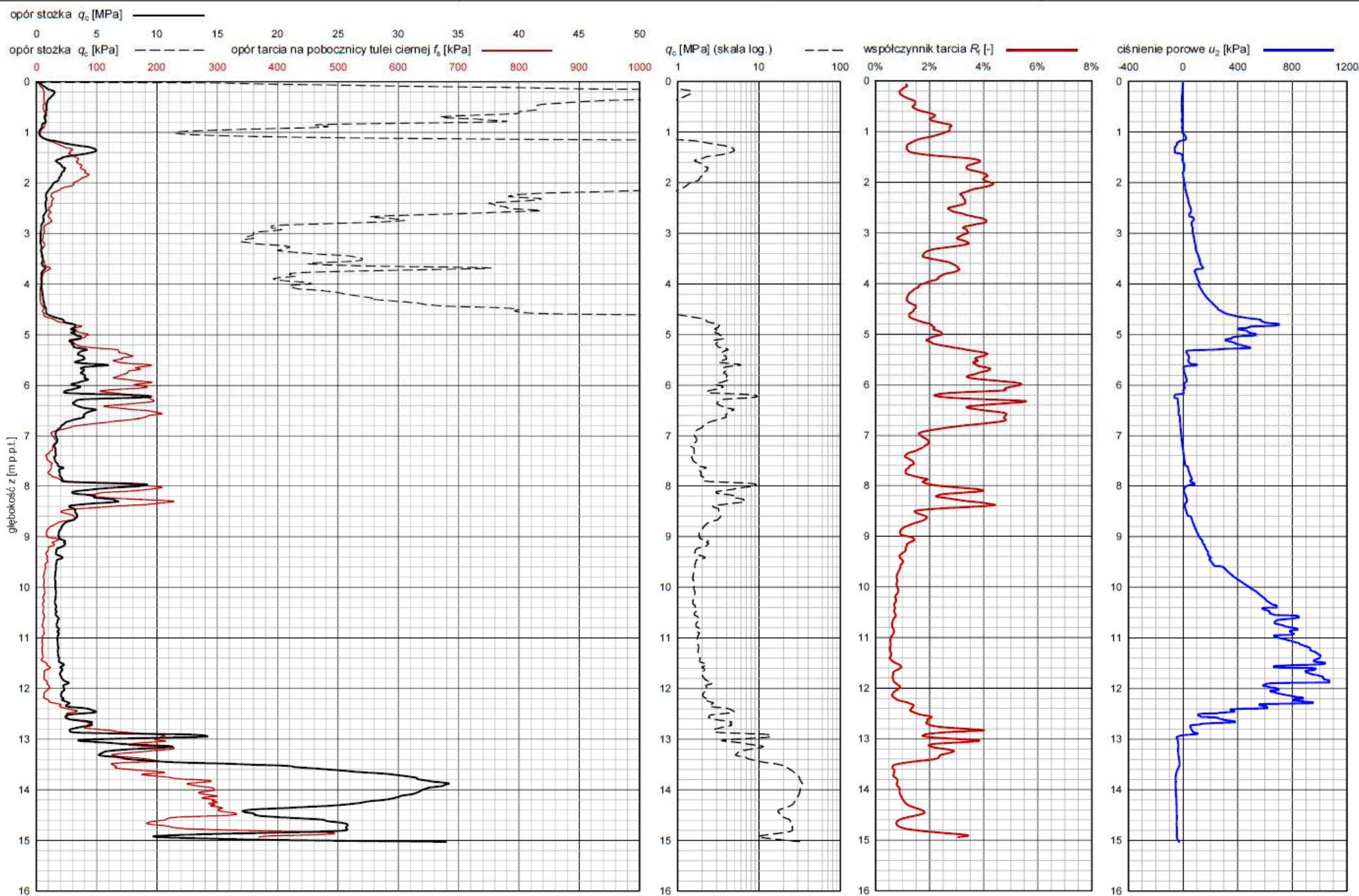
---



Zlecniodawca: *Instytut Geotechniczny*

Temat / lokalizacja: *Stacja kolejowa Trójmiejska*

Data wykonania badania: *26-03-2016*



**PARAMETRY GEOTECHNICZNE WARSTW PODŁOŻA WYZNACZONE NA PODSTAWIE CHARAKTERYSTYK PENETRACJI Z TESTU STATYCZNEGO SONDOWANIA**

OBIEKT:

LOKALIZACJA:

NR BADANIA :

GŁĘBOKOŚĆ WODY :

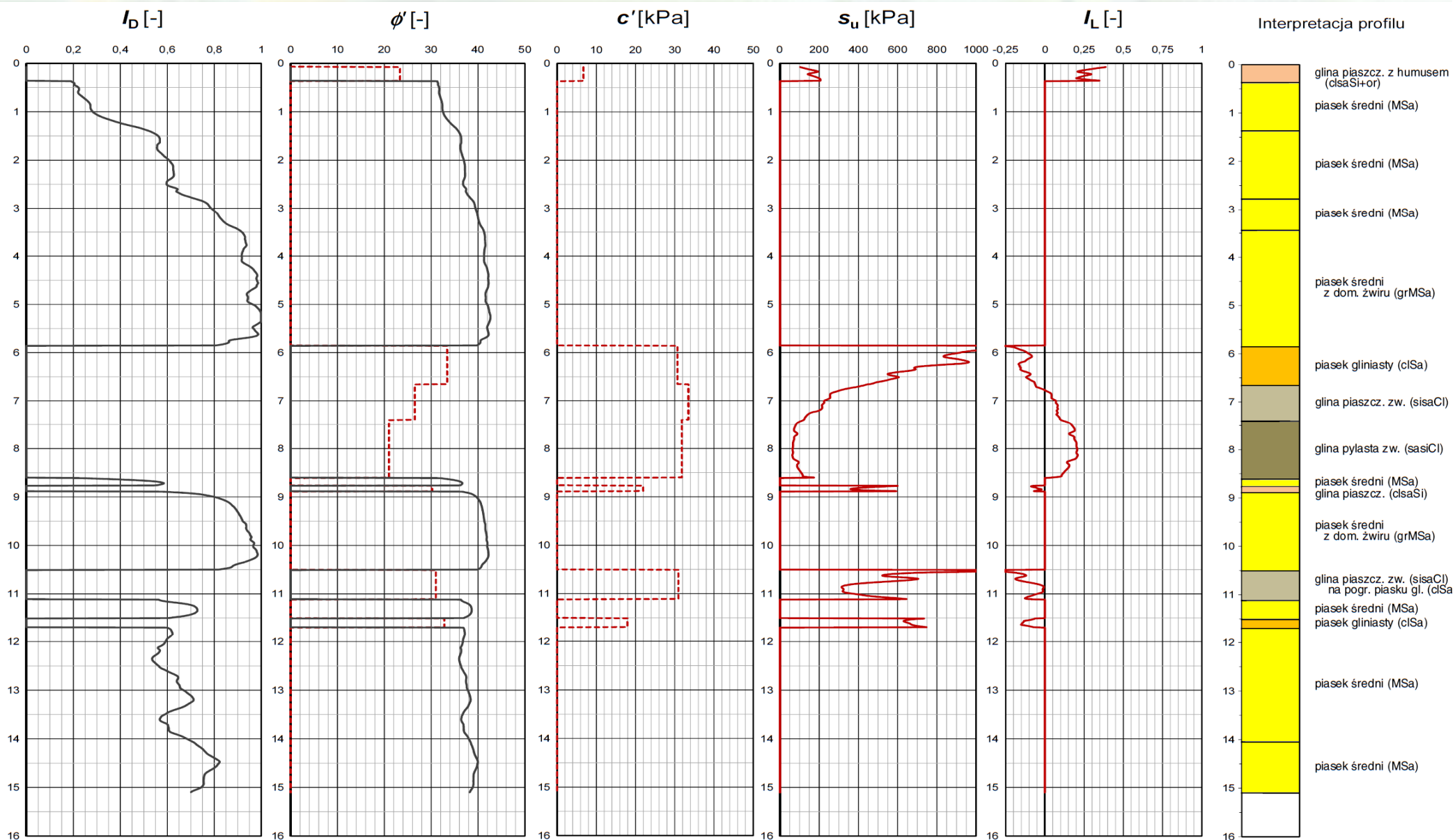
RZĘDNA:

| Przełot warstwy |             | Rodzaj gruntu<br>PN | Domieszki (+),<br>przewar-<br>stwienia (//)<br>PN | Opór stożka<br>$q_c$<br>[MPa] | Napięcie<br>pionowe<br>$\sigma_{vo}$<br>[KPa] | Parametry stanu |              | Parametry sondowania |                  |              | Parametry wytrzymałości na<br>ściananie |               |                     | Edometryczny<br>moduł ściśl.<br>pierwotnej<br>$M_0$<br>[MPa] |
|-----------------|-------------|---------------------|---|-------------------------------|---|-----------------|--------------|----------------------|------------------|--------------|---|---------------|---------------------|--|
| strop<br>[m]    | spąg<br>[m] |                     |   |                               |   | $I_D$<br>[-]    | $I_L$<br>[-] | $q_n$<br>[MPa]       | $\beta_q$<br>[-] | $N_m$<br>[-] | $\phi'$<br>[°]                          | $c'$<br>[kPa] | $s_u(c_u)$<br>[kPa] |  |
| 0,00            | 0,37        | Gp                  | +H  | 1,6                           | 3,4   | -               | 0,51         | 1,6                  | 0,0              | 13,8         | 23,3                                    | 6,7           | 152,9               | 30,1   |
| 0,38            | 1,37        | Ps                  | -   | 3,2                           | 15,3  | 0,29            | -            | 3,2                  | 0,0              | -            | 32,6                                    | 0,0           | -                   | 66,6   |
| 1,38            | 2,78        | Ps                  | -   | 10,6                          | 36,7  | 0,60            | -            | 10,5                 | 0,0              | -            | 36,9                                    | 0,0           | -                   | 112,3  |
| 2,79            | 3,44        | Ps                  | -   | 20,5                          | 55,8  | 0,81            | -            | 20,5                 | 0,0              | -            | 39,8                                    | 0,0           | -                   | 155,9  |
| 3,45            | 5,86        | Ps                  | +Ż  | 33,4                          | 86,0  | 0,95            | -            | 33,4                 | 0,0              | -            | 41,8                                    | 0,0           | -                   | 191,0  |
| 5,87            | 6,66        | Pg                  | -   | 9,0                           | 118,7   | -               | -0,09        | 8,8                  | 0,0              | 55,5         | 33,4                                    | 30,7          | 778,0               | 102,4  |
| 6,67            | 7,40        | Gpz                 | -   | 2,7                           | 134,5   | -               | 0,09         | 2,6                  | 0,0              | 21,1         | 26,5                                    | 33,5          | 235,4               | 41,0   |
| 7,41            | 8,61        | Gπz                 | -   | 1,2                           | 153,5   | -               | 0,20         | 1,1                  | 0,0              | 10,0         | 21,0                                    | 31,8          | 82,4                | 26,5   |
| 8,62            | 8,77        | Ps                  | -   | 7,0                           | 166,6   | 0,51            | -            | 6,8                  | 0,0              | -            | 35,6                                    | 0,0           | -                   | 97,4   |
| 8,78            | 8,89        | Gpz                 | -   | 5,8                           | 169,3   | -               | -0,03        | 5,6                  | 0,0              | 34,4         | 30,2                                    | 21,9          | 446,5               | 54,6   |
| 8,90            | 10,51       | Ps                  | +Ż  | 27,6                          | 186,3   | 0,91            | -            | 27,4                 | 0,0              | -            | 41,2                                    | 0,0           | -                   | 181,1  |
| 10,52           | 11,12       | Pg                  | /Gpz  | 5,1                           | 208,6   | -               | -0,02        | 4,9                  | 0,0              | 39,9         | 31,0                                    | 30,9          | 515,7               | 62,9   |
| 11,13           | 11,51       | Ps                  | -   | 13,5                          | 218,4   | 0,68            | -            | 13,2                 | 0,0              | -            | 38,0                                    | 0,0           | -                   | 128,4  |
| 11,52           | 11,70       | Pg                  | -   | 10,0                          | 224,0   | -               | -0,09        | 9,8                  | 0,0              | 49,4         | 32,8                                    | 17,9          | 670,7               | 89,0   |
| 11,71           | 14,05       | Ps                  | -   | 10,8                          | 247,3   | 0,62            | -            | 10,6                 | 0,0              | -            | 37,1                                    | 0,0           | -                   | 115,8  |
| 14,06           | 15,10       | Ps                  | -   | 18,5                          | 278,7   | 0,77            | -            | 18,2                 | 0,0              | -            | 39,2                                    | 0,0           | -                   | 145,9  |

Sondowanie zakończone na głębokości 15,1 m p.p.t. - planowana głębokość

# Interpretacja wyników badania CPTU

wyniki w formie tabelarycznej – parametry zestawione dla wydzielonych warstw geotechnicznych, w koordynacji z wierceniami i innymi badaniami

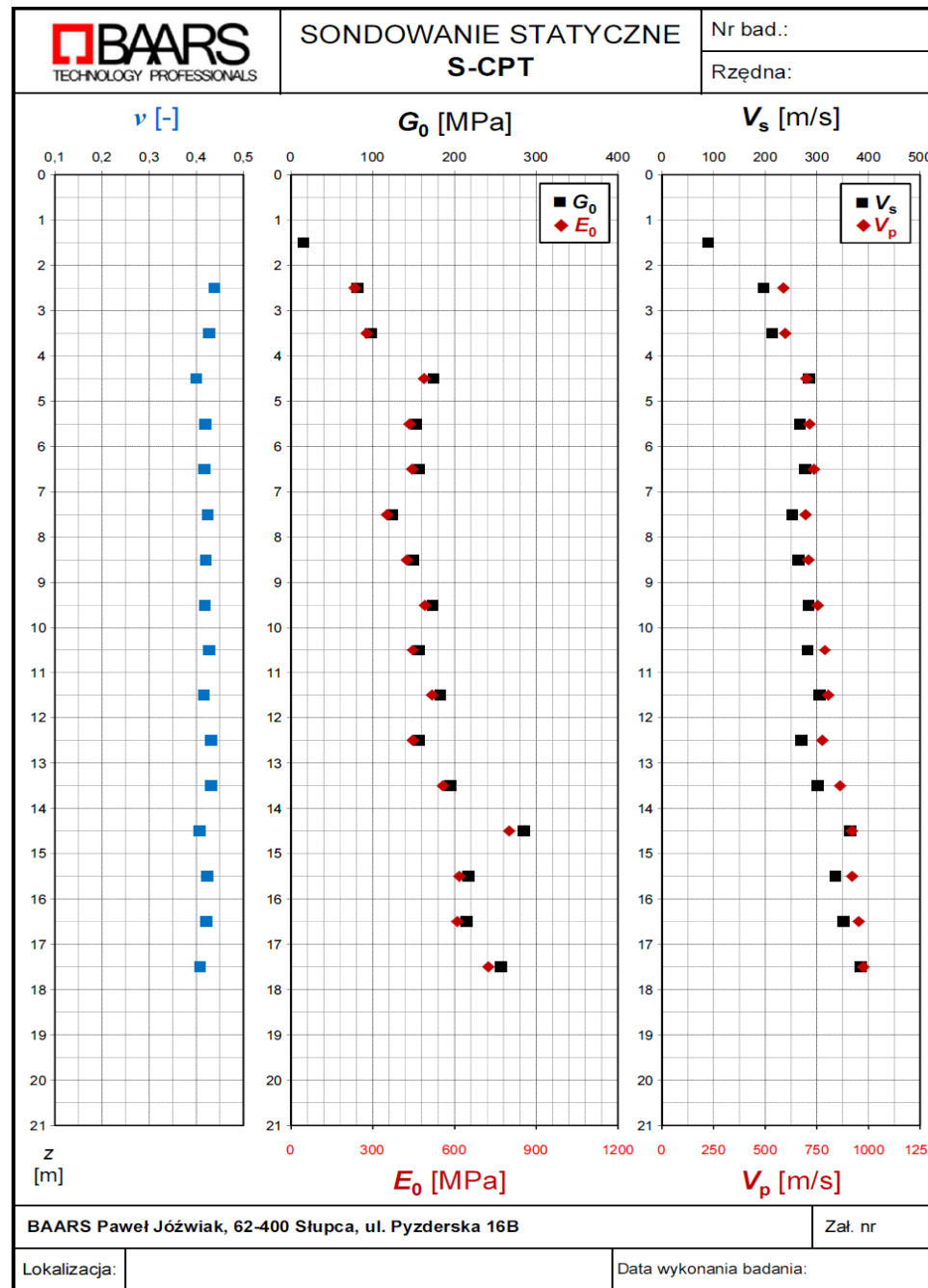


# Interpretacja wyników badania CPTU

wyinterpretowane: profil podłoża, parametry stanu, parametry wytrzymałościowe, ...

# Wyniki badania seismicznego typu S-CPTU

przykład raportu z badań



Mierzone wielkości:

- prędkość propagacji fali poprzecznej i podłużnej

Uzyskiwane parametry:

- współczynnik Poissona,
- moduł ścinania
- moduł odkształcenia

*Dodatkowo standardowy zestaw danych jak dla badania CPTU*



Dziękuję za uwagę!