



**Instytut Geologii,
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu**

GEOTECHNICZNE BADANIA IN SITU

prof. UAM, dr hab. inż. Jędrzej Wierzbicki

GBI: CEL

Poznanie palety badań geotechnicznych.

Poznanie możliwości i ograniczeń wybranych badań geotechnicznych.

Poznanie procedur wykonywania wybranych badań geotechnicznych .

GBI:

ORGANIZACJA ZAJĘĆ

1. 20 h WYKŁADÓW

2. PRACA WŁASNA – 30 h

3. KONSULTACJE

4. SPRAWDZENIE WIEDZY:

- **ZALICZENIE**

GBI: **LITERATURA**

• Schnaid F. (2009):

In situ testing in geomechanics. Taylor & Francis, London and New York.

• Lunne T., Robertson P. K., Powell J. (1997):

Cone penetration testing In geotechnical practice. E&FN Spon, London.

• Marchetti S., Monaco P., Totani G. & Calabrese M. (2001):

The Flat Dilatometer Test (DMT) in soil investigations. A Report by the ISSMGE Committee TC-16.

• Młynarek Z., Wierzbicki J. (2007):

Nowe możliwości i problemy interpretacyjne polowych badań gruntów. Geologos nr 11: 97-118.

GBI:

WPROWADZENIE

International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering



Technical Committees

[Home](#) / [Committees](#) / [Technical Committees](#)

[Technical Committees Guidelines](#)

[State of the Art / Practice Survey - Responses](#)

Category	TC Short Name	TC Official Name	TC#
Fundamentals	Laboratory Testing	Laboratory Stress Strain Strength Testing of Geomaterials	TC101
Fundamentals	In-Situ Testing	Ground Property Characterization from In-Situ Tests	TC102
Fundamentals	Numerical Methods in Geomechanics	Numerical Methods	TC103
Fundamentals	Physical Modelling	Physical Modelling in Geotechnics	TC104
Fundamentals	Geo-mechanics	Geo-Mechanics from Micro to Macro	TC105
Fundamentals	Unsaturated Soils	Unsaturated Soils	TC106
Fundamentals	Lateritic Soils	Laterites and Lateritic Soils	TC107
Applications	Dykes and Levees	Geotechnical Aspects of Dykes and Levees and Shore Protection	TC201
Applications	Transportation	Transportation Geotechnics	TC202
Applications	Earthquake	Earthquake Geotechnical Engineering and Associated Problems	TC203
Applications	Underground Construction	Underground Construction in Soft Ground	TC204
Applications	Safety and Serviceability	Safety and Serviceability in Geotechnical Design	TC205
Applications	Interactive Design	Interactive Geotechnical Design	TC206

GBI: WPROWADZENIE



The 3rd International Conference On Site Characterization
Taipei, Taiwan
1-4 April 2008



ISC'4 2012

Porto de Galinhas - Pernambuco - Brazil

Fourth International Conference on Geotechnical
and Geophysical Site Characterization

September 17 to 21, 2012

Porto de Galinhas - Pernambuco



ISC'5

5-9 SEPT 2016
Jupiters Hotel, Gold Coast
Queensland AUSTRALIA

[WWW.ISC5.COM.AU](http://www.isc5.com.au)

5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOTECHNICAL
AND GEOPHYSICAL SITE CHARACTERISATION

IN PURSUIT OF BEST PRACTICE

GBI: WPROWADZENIE



2nd International Symposium on
Cone Penetration Testing

May 9-11, 2010 • Huntington Beach, California



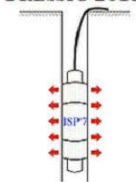
3rd International Symposium on Cone Penetration
Testing :: May 12-14, 2014 - Las Vegas, Nevada

2nd International Conference on the Flat Dilatometer
Washington, D.C. April 2006

The 3rd International Conference on the Flat Dilatometer
Rome 14-16 June 2015



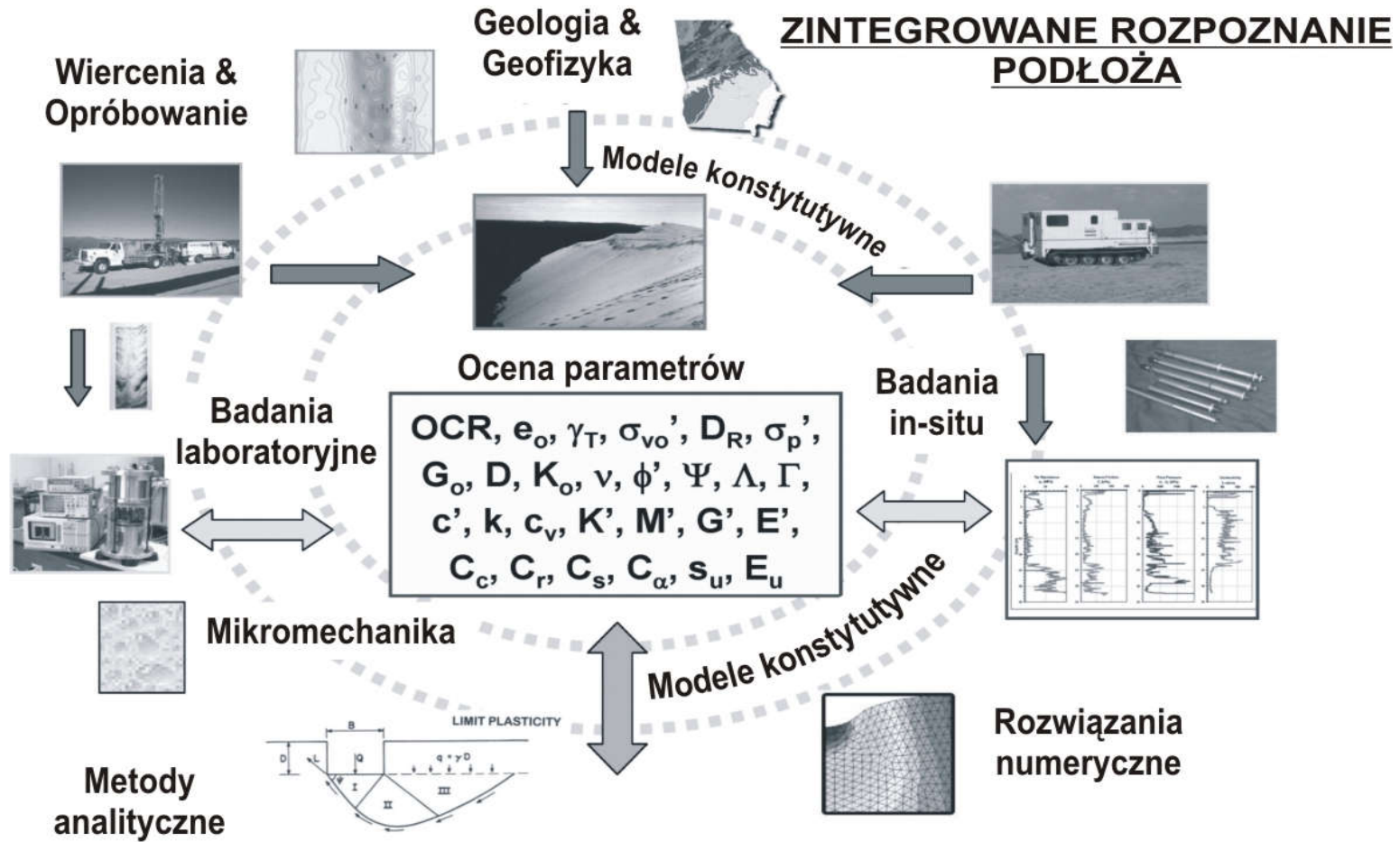
ISP'7 (*)
PRESSIO 2015



60 ans de pressiomètre
Symposium International pour le 60ème anniversaire du
pressiomètre
1er/ 2 Mai 2015
60 years of Pressuremeter
International Symposium for the 60th Anniversary of the
pressuremeter
May 1 - 2, 2015

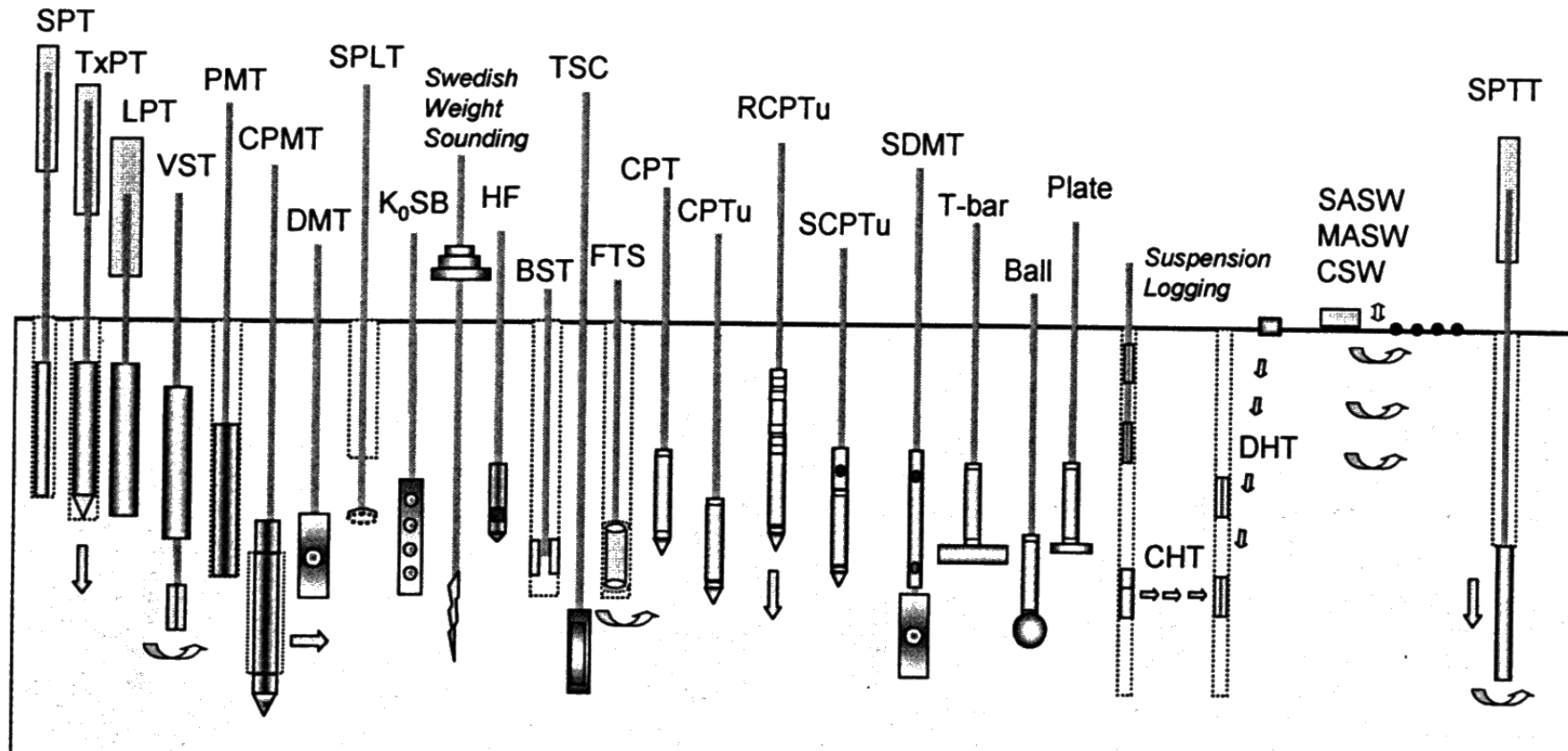
GBI:

WPROWADZENIE



(za Mayne 2006)

GBI: WPROWADZENIE



(za Mayne 2006)

GBI: WPROWADZENIE

Rodzaj badania	Test in situ	Parametry geotechniczne													Rodzaj gruntu						
		Rodzaj gruntu	Profil	U	ϕ'	S_u	I_D	m_v	c_v	k	G_o	σ_h	OCR	$\sigma-\epsilon$	Skala twarda	Skala miękka	Żwir	Piasek	Pył	II	Torf
Penetra-cyjne	DPT	C	B	-	C	-	B	-	-	-	C	-	C	-	-	C	B	A	C	C	C
	CPT-mech.	B	A/B	-	C	C	B	C	-	-	C	C	C	-	-	C	C	A	A	A	A
	CPT-elekt.	B	A	-	C	B	A/B	C	-	-	B	B/C	B	-	-	C	C	A	A	A	A
	CPTU	A	A	A	B	A/B	A/B	B	A/B	B	B	B/C	B	C	-	C	B	A	A	A	A
	SCPTU	A	A	A	B	A/B	A/B	B	A/B	B	A	B	B	B	-	C	B	A	A	A	A
	DMT	B	A	C	B	B	C	B	-	-	B	B	B	C	-	C	C	A	A	A	A
	SDMT	A	A	C	A/B	A/B	B	A/B	-	-	A	A/B	A/B	B	-	C	C	A	A	A	A
	SPT	A	B	-	C	C	B	-	-	-	C	-	C	-	-	C	B	A	A	A	A
Presjometry-czne	PBP	B	B	-	C	B	C	B	C	-	B	C	C	C	A	A	B	B	B	A	B
	SBP	B	B	A	B	B	B	B	A	B	A	A/B	B	A/B	-	B	-	B	B	A	B
Inne	VFT	B	C	-	-	A	-	-	-	-	-	-	B/C	B	-	-	-	-	B	A	A
	PLT	C	-	-	C	B	B	B	C	C	A	C	B	B	B	A	B	B	A	A	A
	CHT/DHT	C	C	-	-	-	-	-	-	-	A	-	B	-	A	A	A	A	A	A	A

Ocena przydatności testu: A - wysoka, B - średnia, C - ograniczona, (-) - brak zastosowania

(za Lunne i inni 1997)

GBI:

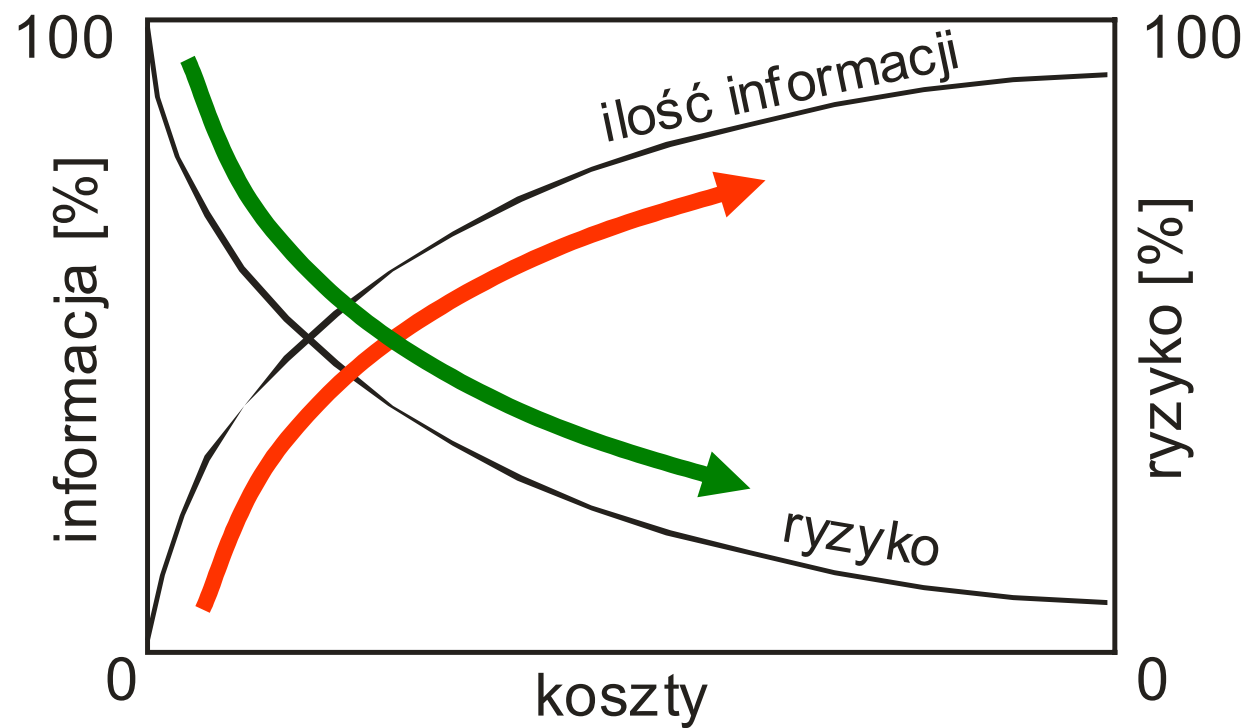
WPROWADZENIE

(za Schnaid 2004)

Kategoria	Badanie	Symbol	Podstawowe zastosowanie
Nieniszczące / pół-niszczące	Geofizyczne	SR, SASW, MASW, CH, DH	układ warstw, sztywność początkowa
	Presjometryczne	PMT, SBPM	odkształcenie, wytrzymałość, stan naprężenia, konsolidacja
	Płytą sztywną	PLT	sztywność, wytrzymałość
Penetracyjne badania inwazyjne	Sondą statyczną	CPT, CPTU,	profil gruntowy, wytrzymałość, zagęszczenie, konsolidacja
	Sondą cylindryczną	SPT	profil gruntowy, kąt tarcia wewn.
	Dylatometrem płaskim	DMT	sztywność, stan naprężenia
	Sondą obrotową	VST	wytrzymałość
Badania łączone	Presjometr wciskany	CPMT
	Stożek/dylatometr sejsmiczny	SCPTU/SDMT
	Stożek opornościowy	RCPTU

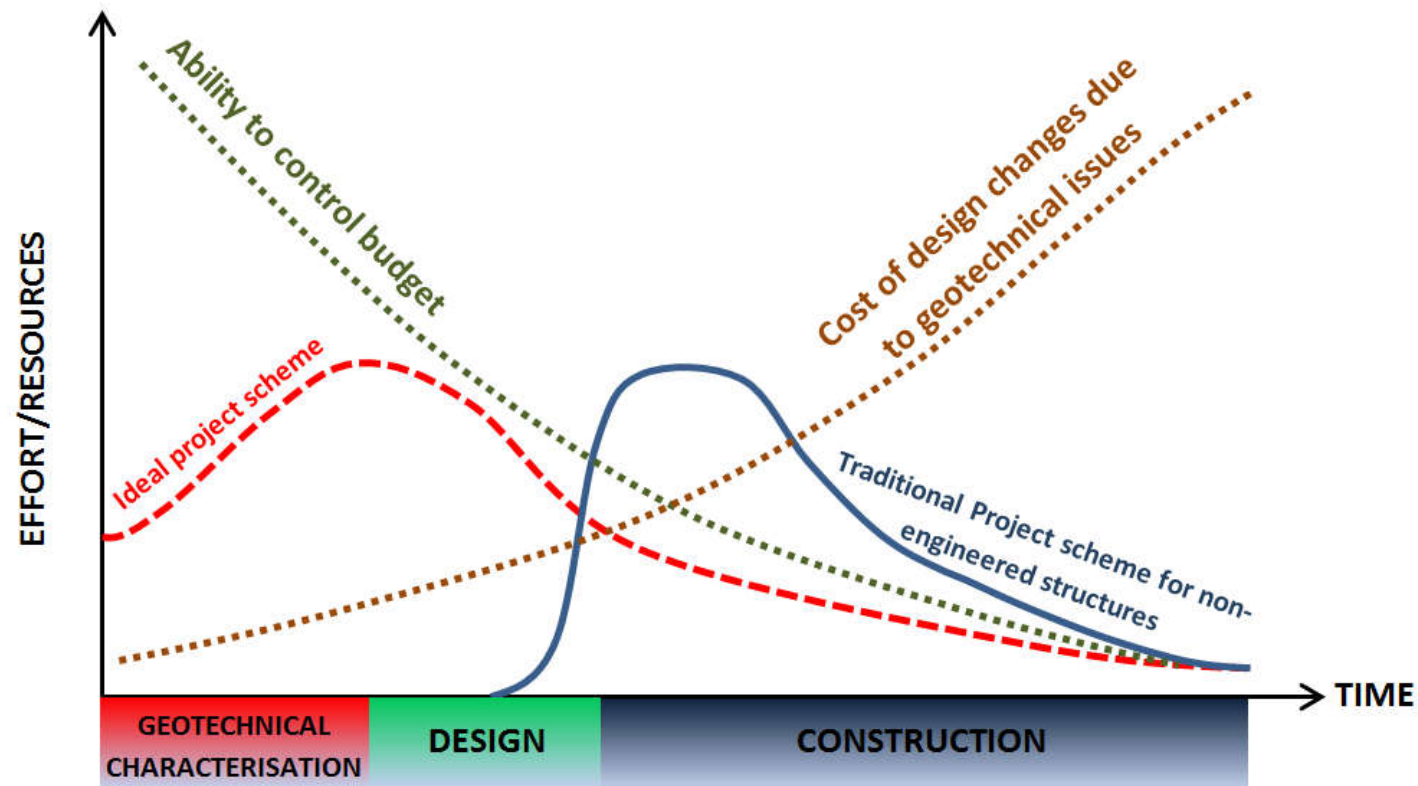
GBI:

WPROWADZENIE



(za Zettler i inni 1996)

GBI: WPROWADZENIE



(Ortiz-Palacio, after MacLeamy 2004 and others)

GBI:

WPROWADZENIE

BADANIA LABORATORYJNE



- *znane warunki brzegowe,*
- *kontrola ścieżki $\sigma - \varepsilon$,*
- *kontrola właściwości fizycznych,*
- *mała objętość gruntu,*
- *problem jakości próbki,*
- *zmiana stanu naprężenia.*

BADANIA IN SITU



- *nieznane warunki brzegowe,*
- *brak pełnej kontroli ścieżki $\sigma - \varepsilon$,*
- *nieznane właściwości fizyczne,*
- *duża objętość gruntu,*
- *badanie gruntu „in statu nascendi”*
- *możliwość powtórzeń.*

GBI:

WPROWADZENIE

(na podstawie Schnaid 2005)

KLASY INTERPRETACYJNE BADAŃ IN SITU

I klasa: bezpośrednie rozwiązanie analityczne, oparte na modelu konstytutywnym gruntu z uwzględnieniem warunków brzegowych doświadczenia, ma charakter zamknięty.

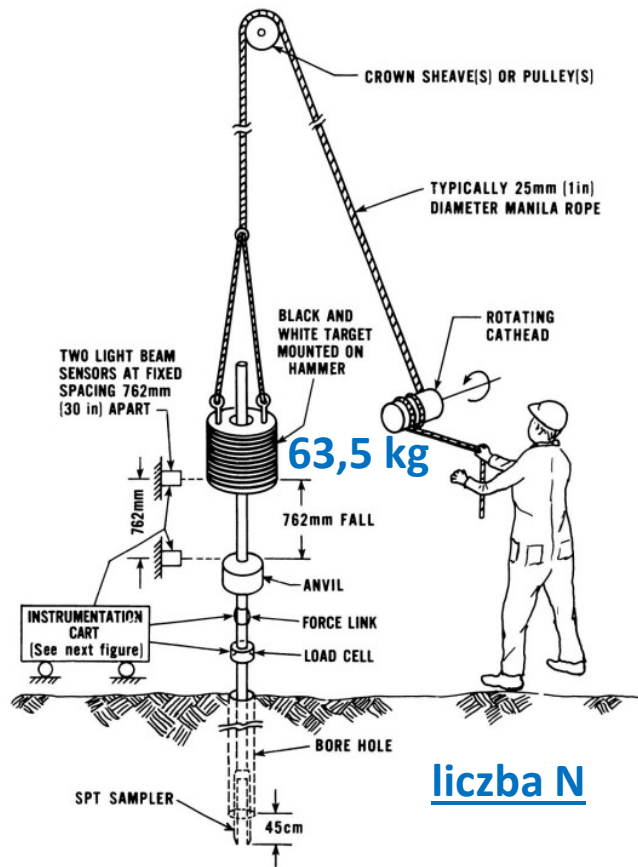
II klasa: rozwiązanie analityczne uwzględniające rozwiązania cząstkowe, częściowo oparte na modelu konstytutywnym gruntu, ma charakter otwarty.

III klasa: przybliżone rozwiązanie analityczne, oparte na uproszczonym mechanizmie zachowania się gruntu, z tego względu poszczególne cechy gruntu analizowane są odrębnie. Wymaga kalibracji.

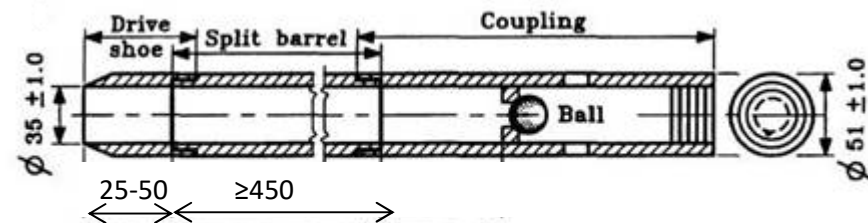
IV klasa: rozwiązanie empiryczne, uzyskane poprzez statystyczną analizę korelacji pomiędzy wynikami badania in situ i testu referencyjnego. Wymaga kalibracji.

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

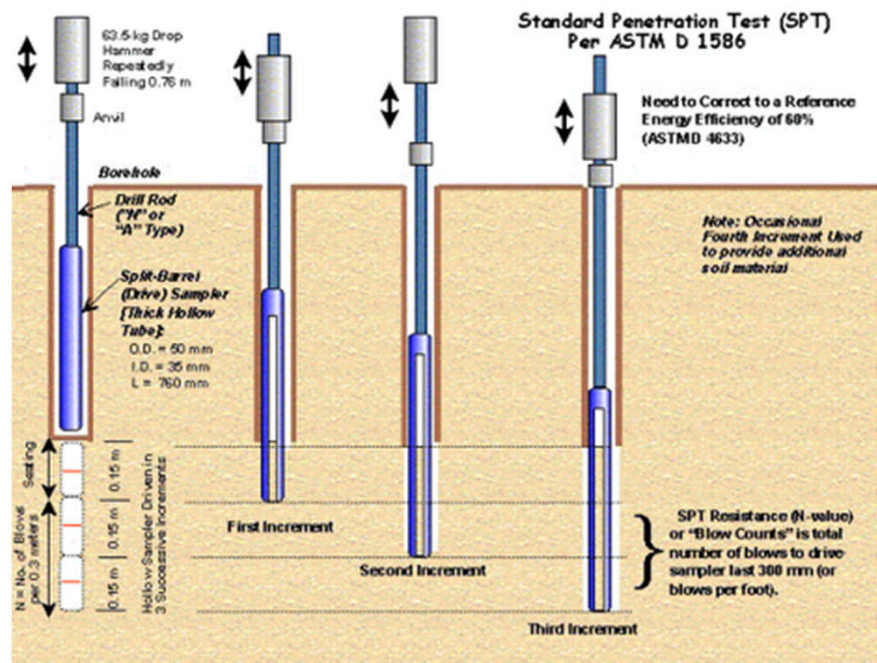


- USA lata 30-te XX w
- 1958 – ASTM D 158-58T
- 1999 – ASTM D 1586-99
- 1994 – Eurocode
- 2005 – PN-EN ISO 22476-3



GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)



GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

**BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ
(STANDARD PENETRATION TEST – SPT)**

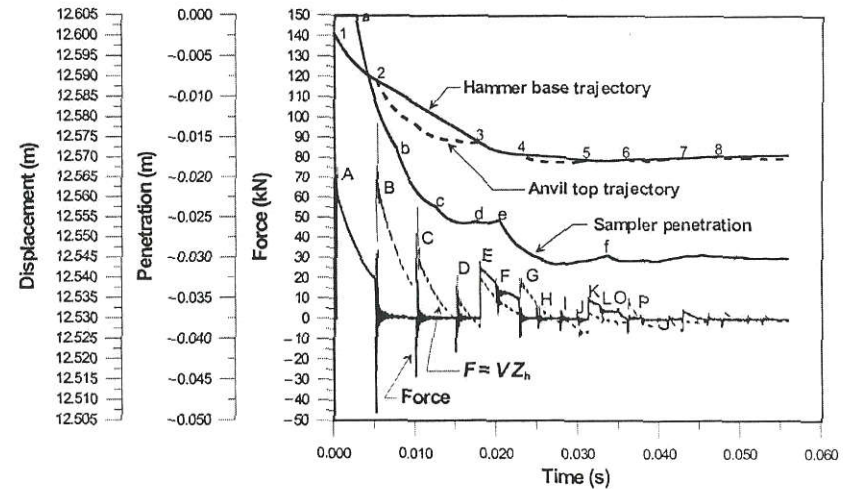
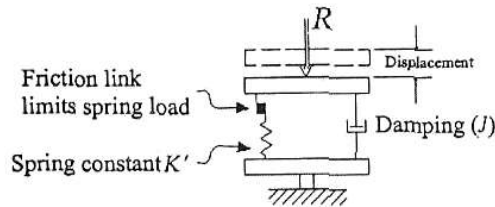
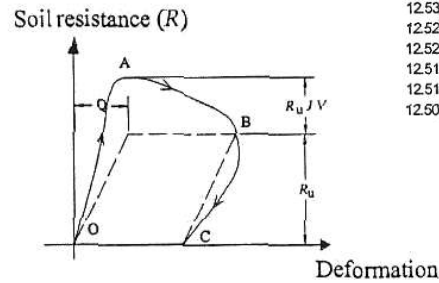
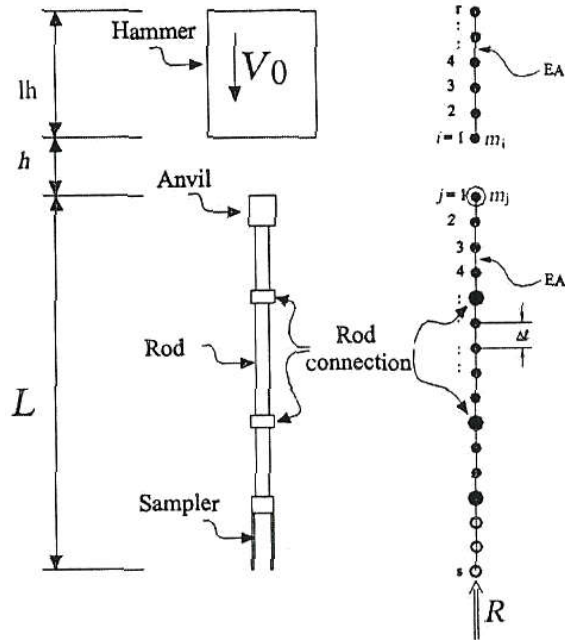


GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

STRATY ENERGII PODCZAS BADANIA

$$E_{TOT}(t) = E_p(t) + E_C(t) + E_{PE}(t) + E_D(t) + E_A(t)$$



$$E = \int_0^{\infty} F(t)V(t)dt$$

(Schnaid 2009)

GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

STRATY ENERGII PODCZAS BADANIA

$$N_{60}E_{60} = N_{SPT}E_{SPT} \quad (\text{Seed i inni 1985})$$

$$N_{60} = \frac{N_{SPT}E_{SPT}}{E_{60}}$$

<i>Donut</i>		<i>Safety</i>		<i>Notes</i>	<i>Reference</i>
<i>Energy (%)</i>	<i>Number of tests</i>	<i>Energy (%)</i>	<i>Number of tests</i>		
53	4	72	9	Laboratory tests	Kovacs and Salomone (1982)
48	8	52	9	Various field rigs	Kovacs and Salomone (1982)
		55	24		
		52	5		Schmertmann and Palacios (1979)
48	23				Schmertmann and Palacios (1979)
43	8	62	8		Robertson <i>et al.</i> (1992b)
–	–	58	12		Robertson <i>et al.</i> (1992b)
					Daniel (2000)

(Schnaid 2009)

GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

WPŁYW NADKŁADU

$$N_{SPT} = D_r^2(a + b\sigma')$$

(Meyerhof 1957)

$$C_N = \frac{N_1}{N_{SPT}} = \frac{D_r^2(a + b100\text{kPa})}{D_r^2(a + b\sigma')} = \frac{a/b + 100}{a/b + \sigma'}$$

(Liao & Whitman 1985)

Depth (m)	γ_{nat} (kN/m ³)	σ'_{v0} (kN/m ²)	N_{SPT}	C_N	N_1
2	18	36	5	1.667	~ 8
20	18	360	17	0.527	~ 9

Reference	Depth correction factor C_N	σ'_{v0}	Observation
Skempton (1986)	$C_N = \frac{200}{100 + \sigma'_{v0}}$	kPa	Seed <i>et al.</i> (1983) $D_r = 40-60\%$ NC sand
Skempton (1986)	$C_N = \frac{300}{200 + \sigma'_{v0}}$	kPa	Seed <i>et al.</i> (1983) $D_r = 60-80\%$ NC sand
Peck <i>et al.</i> (1974)	$C_N = 0.77 \log\left(\frac{2000}{\sigma'_{v0}}\right)$	kPa	NC sand
Liao and Whitman (1985)	$C_N = \sqrt{\frac{100}{\sigma'_{v0}}}$	kPa	NC sand
Liao and Whitman (1985)	$C_N = \left[\frac{(\sigma'_{v0})_{ref}}{\sigma'_{v0}}\right]^k$	-	$k = 0.4-0.6$
Skempton (1986)	$C_N = \frac{170}{70 + \sigma'_{v0}}$	kPa	OC sand OCR = 3
Clayton (1993)	$C_N = \frac{143}{43 + \sigma'_{v0}}$	kPa	OC sand OCR = 10
Robertson <i>et al.</i> (2000)	$C_N = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{\sigma_{atm}}\right)^{-0.5}$	kPa	NC sand

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

KLASYFIKACJA GRUNTÓW

Sand	$(N_1)_{60}$	0–3	Very loose
		3–8	Loose
		8–25	Medium
		25–42	Dense
		42–58	Very dense
Clay	$(N)_{60}$	0–4	Very soft
		4–8	Soft
		8–15	Firm
		15–30	Stiff
		30–60	Very stiff
		>60	Hard
Residual soils*	$(N)_{60}$	0–5	Completely weathered
		5–10	Very weathered (lateritic)
		10–15	Weathered
		>15	Moderately weathered (saprolitic)
Weak rock	$(N)_{60}$	0–80	Very weak
		80–200	Weak
		>200	Moderately weak to very strong

(Clayton 1993)

GBI:

BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

STOPIEŃ ZAGĘSZCZENIA

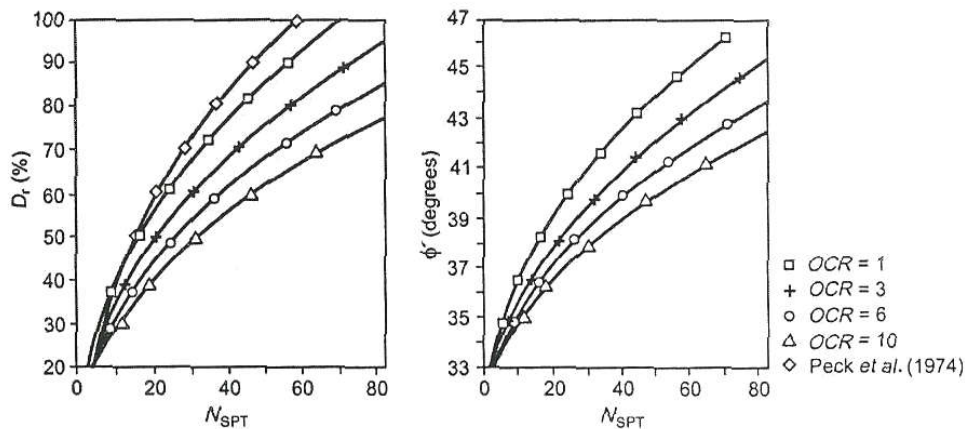
$$D_r = \left(\frac{(N_1)_{60}}{0,28\sigma'_{v0} + 27} \right)^{0,5} \quad (\text{Skempton 1986})$$

$$D_r = \left(\frac{(N_1)_{60} (e_{\max} - e_{\min})^{1,7}}{11,7} \right)^{0,5} \quad (\text{Cubrinovski \& Ishihara 1999})$$

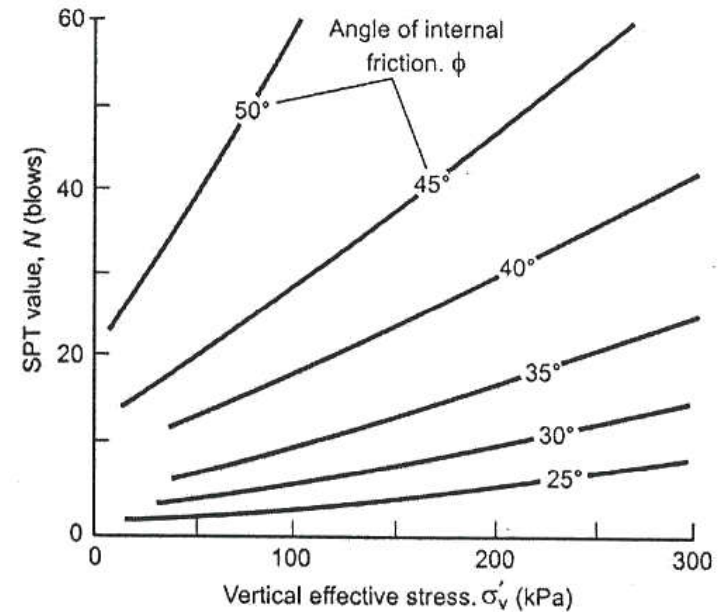
GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

KĄT TARCIA WEWNĘTRZNEGO



(Schnaid & Houlsby 1992)



(Mitchel & Lunne 1978)

$$\phi'_p = 15^\circ + (24(N_1)_{60})^{0,5} \quad (\text{Teixeira 1996})$$

$$\phi'_p = 20^\circ + (15,4(N_1)_{60})^{0,5} \quad (\text{Hatanaka & Uchida 1996})$$

GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

KĄT TARCIA WEWNĘTRZNEGO

<i>Material</i>	<i>Bolton (1979)</i>	<i>Bolton (1979)</i>	<i>Robertson and Hughes (1986)</i>
	ϕ'_p (degrees)	ϕ'_{cv} (degrees)	ϕ'_{cv} (degrees)
Dense, well-graded sand or <i>gravel</i>	55	35	40
Uniform, medium-dense/ coarse sand	40	32	34–37
Dense, sandy silt with some clay	47	32	
Fine sand and sandy, silty clay	35	30	30–34
Clay-shale or partings	35	25	
Clay (London)	25	15	

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

SZTYWNOŚĆ GRUNTU

$$G_0[\text{MPa}] = a(N_{60})b$$

(Sykora & Stoke 1983)

<i>Soil type</i>		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>R</i>
Clay	Alluvial	10.4	1.070	0.500
	Alluvial	17.3	0.607	0.715
	Glacial	24.6	0.555	0.712
	Alluvial	16.6	0.719	0.921
Sand	Alluvial	12.3	0.611	0.671
	Glacial	17.4	0.631	0.728
Gravel	Alluvial	8.1	0.777	0.798
	Glacial	31.3	0.526	0.522
Residual soils*	Lower bound	20.0	0.40	> 0.500

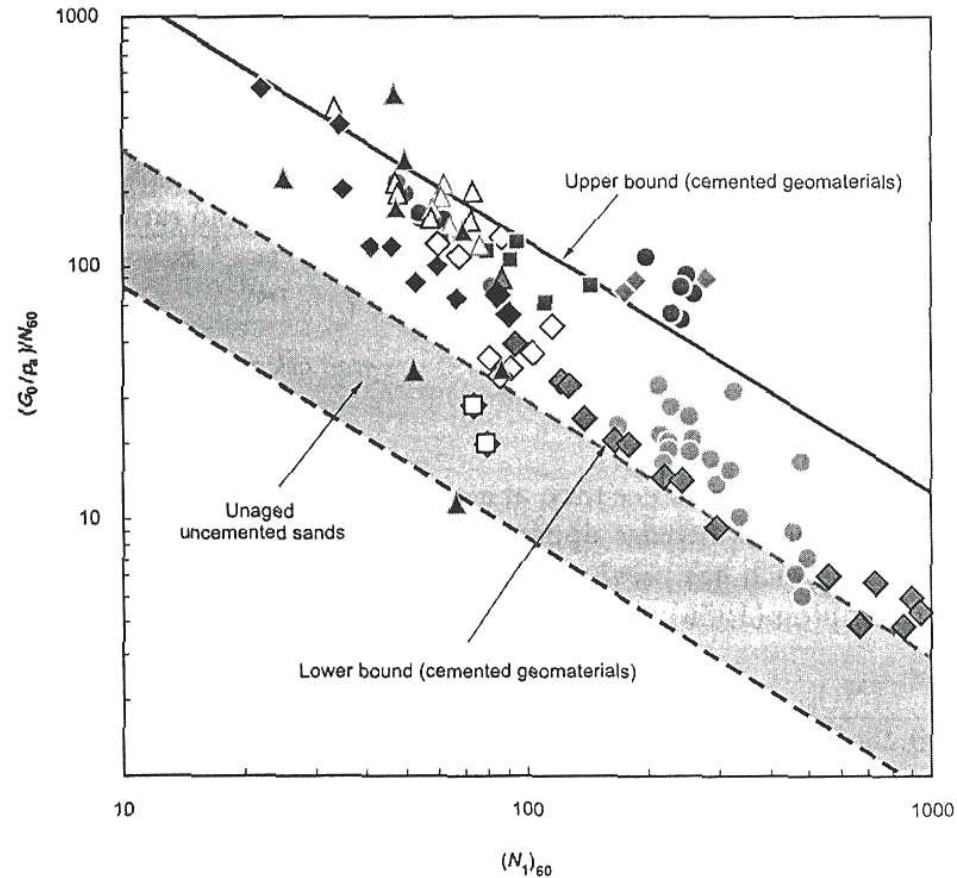
(Craspellani & Vannucchi1991)

GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

SZTYWNOŚĆ GRUNTU

- ◆ Moema, SP, Brazil
- ◇ Paraizo, SP, Brazil
- ◆ Campinas, Brazil
- ◆ São Carlos, Brazil
- Guarda, Portugal
- Bela Vista, SP, Brazil
- △ Bauru, Brazil
- ◆ Caximbu, SP, Brazil
- Campinas, Brazil
- Porto, Portugal
- △ Vila Madalena, SP, Brazil
- São Carlos, Brazil
- ◇ Brookling, SP, Brazil
- ▲ Porto Alegre, Brazil



(Schneid 2009)

GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

SZTYWNOŚĆ GRUNTU

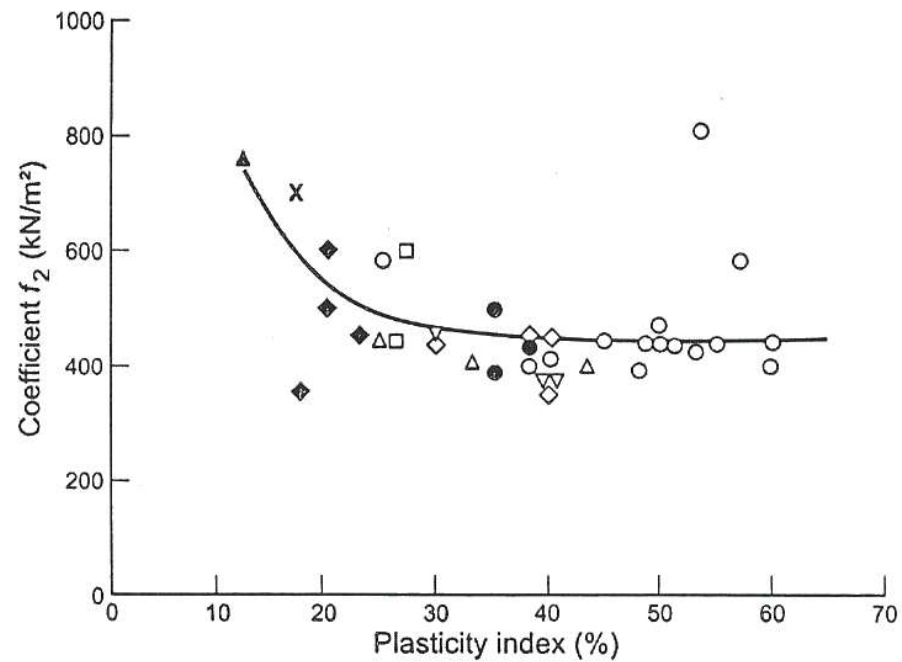
Penetration resistance N_{60}	$E'/N_{60}(\text{MPa})$			
	<i>Sedimentary soils: Clayton (1993)*</i>			<i>Residual soils[†]</i>
	<i>Mean</i>	<i>Lower limit</i>	<i>Upper limit</i>	<i>Lower limit</i>
4	1.6–2.4	0.4–0.6	3.5–5.3	1–2
10	2.2–3.4	0.7–1.1	4.6–7.0	2–3
30	3.7–5.6	1.5–2.2	6.6–10.0	3–4
60	4.6–7.0	2.3–3.5	8.9–13.5	6–7

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

SZTYWNOŚĆ GRUNTU

$$m_v = f_2 N \text{ [m}^2\text{/MN]}$$



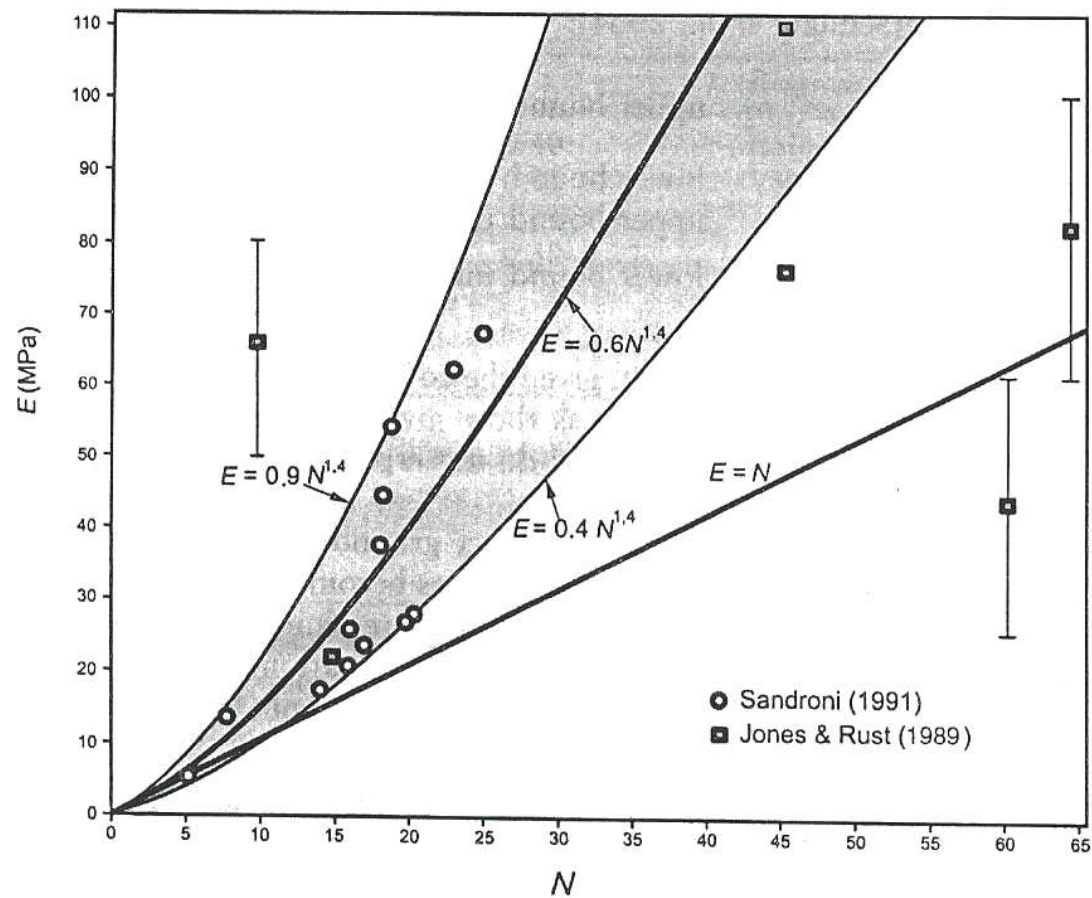
- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| ○ London clay | ● Upper Lias clay |
| □ Bracklesham beds | × Flinz |
| ▽ Oxford clay | ◆ Boulder clay |
| △ Kimmeridge clay | ● Laminated clay |
| ◇ Woolwich and Reading clay | ▲ Sunnybrook till |

(Stroud & Butler 1975)

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

**BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ
(STANDARD PENETRATION TEST – SPT)**

SZTYWNOŚĆ GRUNTU



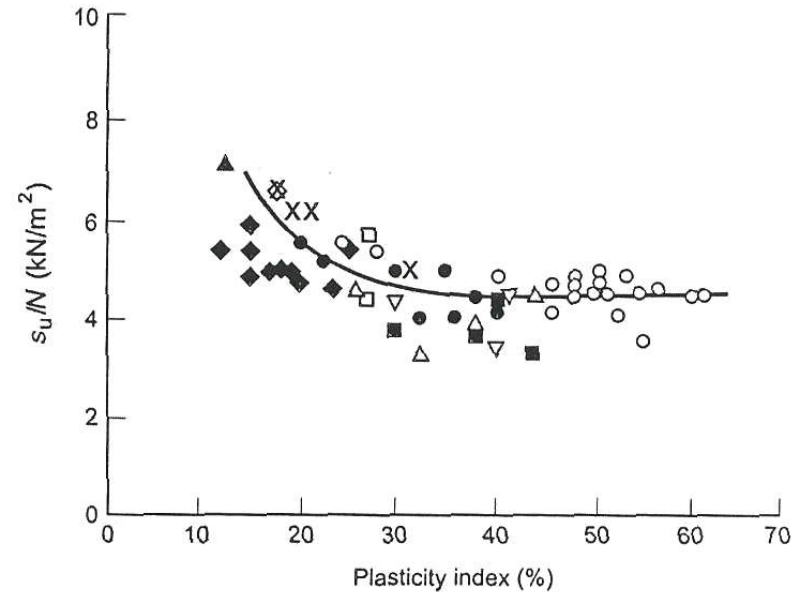
GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCIANIE BEZ ODPŁYWU

$$s_u = 4,5N_{60} \text{ [kPa]} \quad (\text{Stroud 1974})$$

$$s_u = 10,5N_{60} \text{ [kPa]} \quad (\text{Decourt 1989})$$



- | | |
|--------------------|-----------------------------|
| ◆ Boulder clay | △ Kimmeridge clay |
| ● Laminated clay | ■ Woolwich and Reading clay |
| ▲ Sunnybrook till | ● Upper Lias clay |
| ○ London clay | X Keuper marl |
| □ Bracklesham beds | ◇ Flinz |
| ▽ Oxford clay | |

(Stroud 1974)

GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

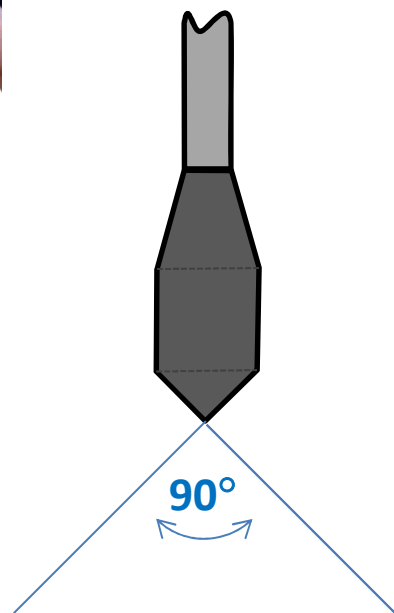
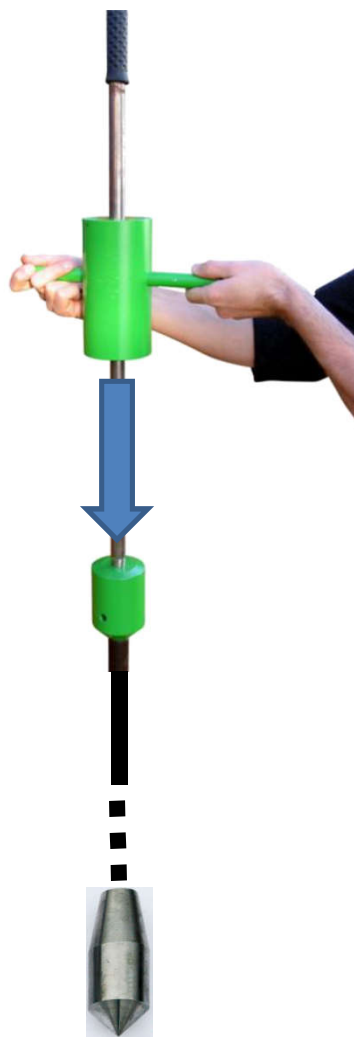
BADANIE SONDĄ CYLINDRYCZNĄ (STANDARD PENETRATION TEST – SPT)

- **NAJPOPULARNIEJSZE BADANIE IN SITU NA ŚWIECIE**
- **PROSTE I TANIE (?)**
- **RUTYNOWO WYKONYWANE W OBU AMERYKACH I AUSTRALII**
- **NIE W PEŁNI USTANDARYZOWANA PROCEDURA**
- **KONIECZNOŚĆ POMIARU ENERGII**
- **MOŻLIWOŚĆ POZYSKANIA PRÓBKII**
- **ROZWIJANE WSPÓŁCZEŚNIE KORELACJE Z PARAMETRAMI GEOTECHNICZNYMI**
- **POWSZECHNIE KRYTYKOWANE NA KONFERENCJACH NAUKOWYCH**

GBI:

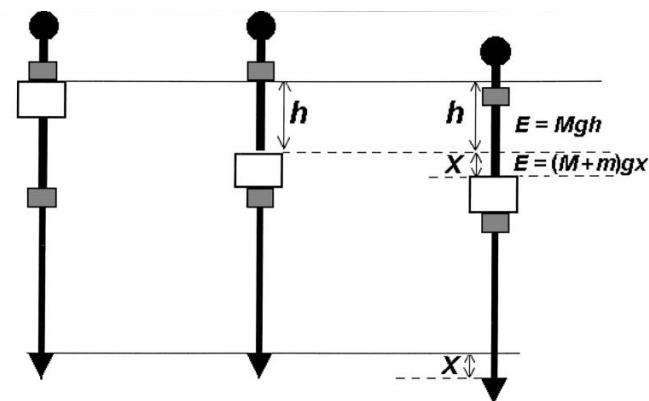
BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ)
(DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)



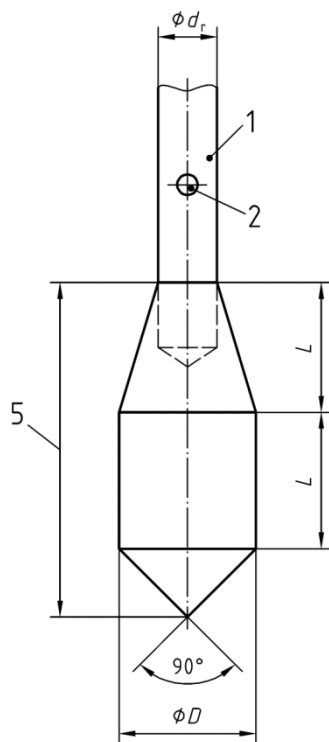
- Meyerhof (1956,...)
- Borowczyk & Frankowski (1981)
- PN-74/B-04452
- PN-B-04452:2002

- DIN 4094
- 1994 – Eurocode
- 2005 – PN-EN ISO 22476-2



GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

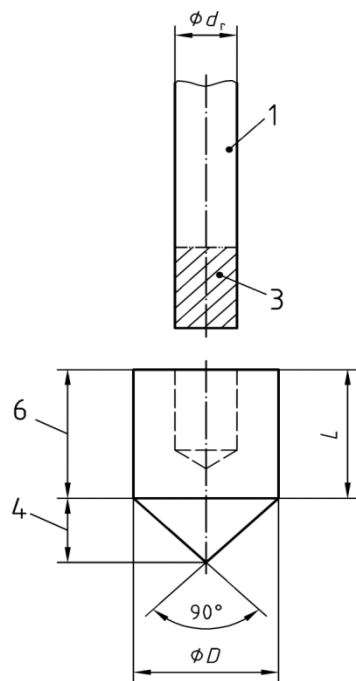
BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPH)



Element	Jednostka	DPL	DPM	DPH	DPSH-B
młot	[kg]	10	30	50	63,5
spad	[cm]	50	50	50	75
kowadło	[kg]	6	18	18	30
podstawa stożka	[cm ²]	10	15	15	20
pobocznica	[mm]	35,7	43,7	43,7	51
wysokość stożka	[mm]	17,9	21,9	21,9	25,3
zużycie stożka	[mm]	<3	<4	<4	<5
średnica żerdzi	[mm]	22	32	32	32
energia	[kJ/m ²]	50	100	167	238
pomiar	[-]	N _{10L}	N _{10M}	N _{10H}	N _{20SB}

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPH)



Element	Jednostka	DPL	DPM	DPH	DPSH-B
młot	[kg]	10	30	50	63,5
spad	[cm]	50	50	50	75
kowadło	[kg]	6	18	18	30
podstawa stożka	[cm ²]	10	15	15	20
pobocznica	[mm]	35,7	43,7	43,7	51
wysokość stożka	[mm]	17,9	21,9	21,9	25,3
zużycie stożka	[mm]	<3	<4	<4	<5
średnica żerdzi	[mm]	22	32	32	32
energia	[kJ/m ²]	50	100	167	238
pomiar	[-]	N _{10L}	N _{10M}	N _{10H}	N _{20SB}

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

**BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ)
(DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)**

wolnospad



młot pneumatyczny



← bezpośredni
pomiar energii

pomiar
momentu obrotowego



GBI:

BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

**KONTROLA
SPRZĘTU** 

- kontrola wymiarów – za każdym razem
- kontrola wygięcia – co 20 badań
- precyzja pomiaru – po każdej naprawie
- energia wbijania z wolnospadem – zalecana kalibracja
- energia wbijania z młotem pneumatycznym –
pomiar bieżący $\pm 3\%$ zakładanej wartości

GBI:

BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

KONTROLA
POMIARU



- odchylenie od pionu < 2% (ew. 5%)
- stosowanie stabilizatorów poziomych co 2 m (w otworze)
- podnoszenie młota nie może wpływać na układ sondy
- 15 ÷ 30 uderzeń / minutę
- co 1 m (ew. 0,5m) głębokości rotacja żerdzi o 1,5 obrotu
- typowy zakres pomiarowy: 3 – 50 ud./10 cm
5 – 100 ud. /10cm (DPSH)
- możliwy pomiar wpędu na 1 uderzenie (w gruntach mpl)
- maksymalny zakres pomiarowy: 100 lub 200 ud. przez 1 m

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

**REJESTR
BADANIA**



Contractor:			Job number:			Enclosure:			
Name of project:									
Dynamic probing test No:					Date:				
Type of dynamic probing test*): DPL, DPM, DPH, DPSH-A, DPSH-B or:									
Lost/fixed cone *)				Fixed/loose anvil *)					
X, Y, Z coordinates									
Depth; add 10, 20 or 30 m (as depth > 10 m): + m									
Depth	N ₁₀ /N ₂₀ *	Depth	N ₁₀ /N ₂₀ *	Depth	N ₁₀ /N ₂₀ *	Depth	N ₁₀ /N ₂₀ *	Depth	N ₁₀ /N ₂₀ *
0,10		2,10		4,10		6,10		8,10	
0,20		2,20		4,20		6,20		8,20	
0,30		2,30		4,30		6,30		8,30	
0,40		2,40		4,40		6,40		8,40	
0,50		2,50		4,50		6,50		8,50	
0,60		2,60		4,60		6,60		8,60	
0,70		2,70		4,70		6,70		8,70	
0,80		2,80		4,80		6,80		8,80	
0,90		2,90		4,90		6,90		8,90	
1,00		3,00		5,00		7,00		9,00	
	Nm		Nm		Nm		Nm		Nm
1,10		3,10		5,10		7,10		9,10	
1,20		3,20		5,20		7,20		9,20	
1,30		3,30		5,30		7,30		9,30	
1,40		3,40		5,40		7,40		9,40	
1,50		3,50		5,50		7,50		9,50	
1,60		3,60		5,60		7,60		9,60	
1,70		3,70		5,70		7,70		9,70	
1,80		3,80		5,80		7,80		9,80	
1,90		3,90		5,90		7,90		9,90	
2,00		4,00		6,00		8,00		10,00	
**)		**)		**)		**)		**)	
*) Delete as applicable.									
**) measured torque									
Other data									
Groundwater: m below starting point									

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

**BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ)
(DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)**

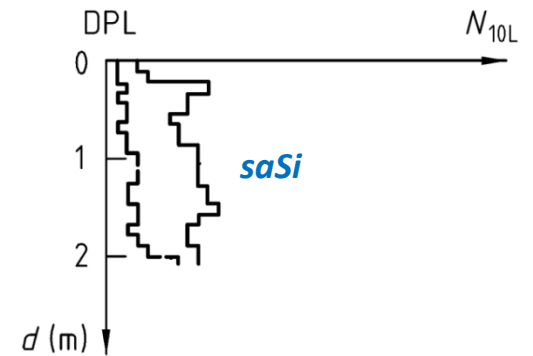
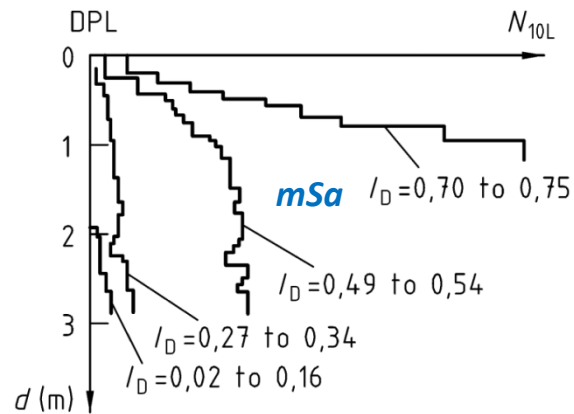
**CZYNNIKI
WPŁYWU**



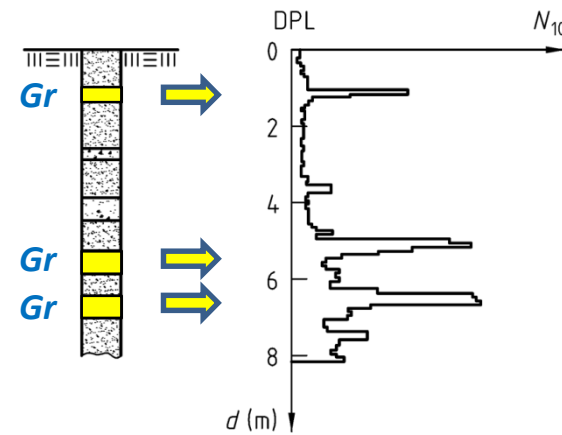
GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

WPŁYW ZAGĘSZCZANIA



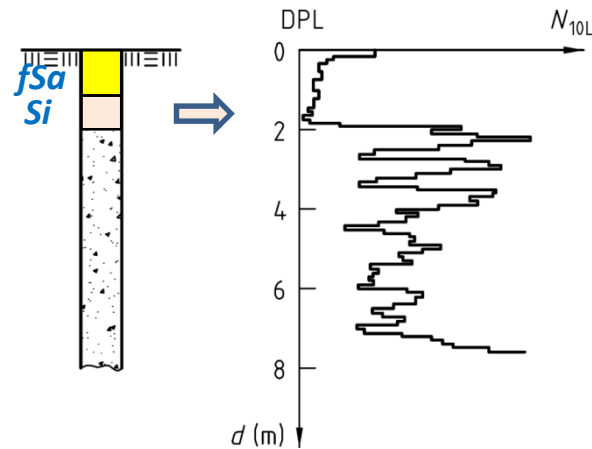
WPŁYW ŻWIRU



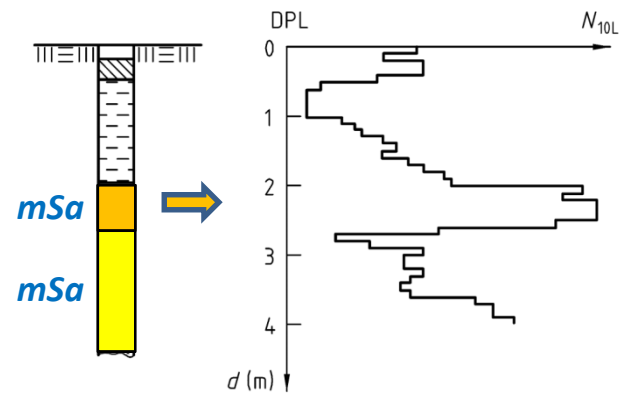
GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

WPŁYW UZIARNIENIA →



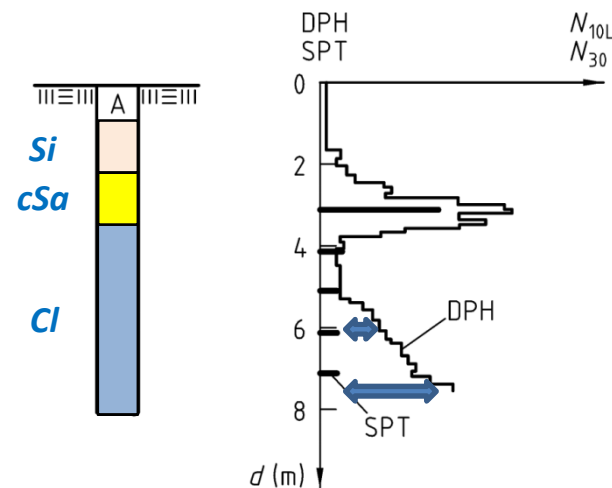
WPŁYW CEMENTACJI →



GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

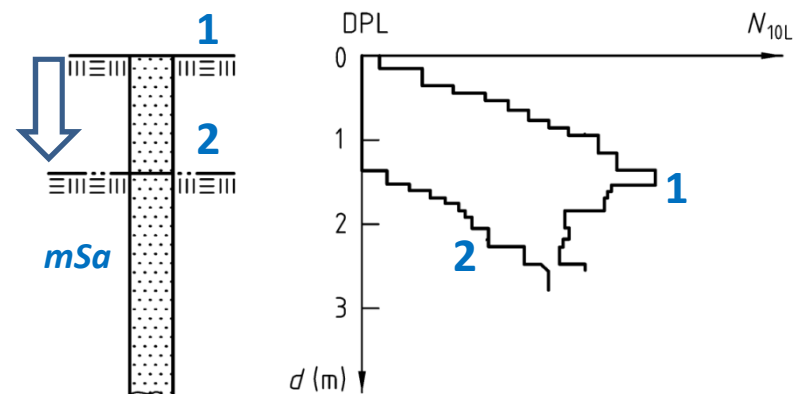
BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

WPŁYW PŁUCZKI →



WPŁYW σ_{v0} →

głębokość nominalna (DPL): 0,9 – 1,2 m

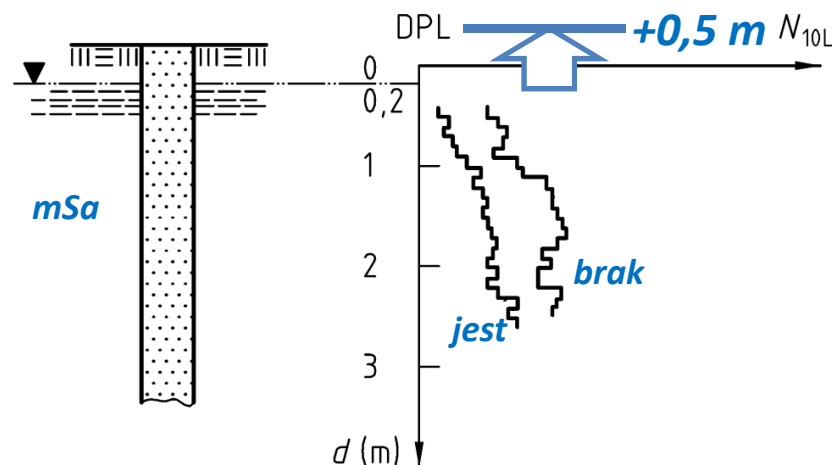
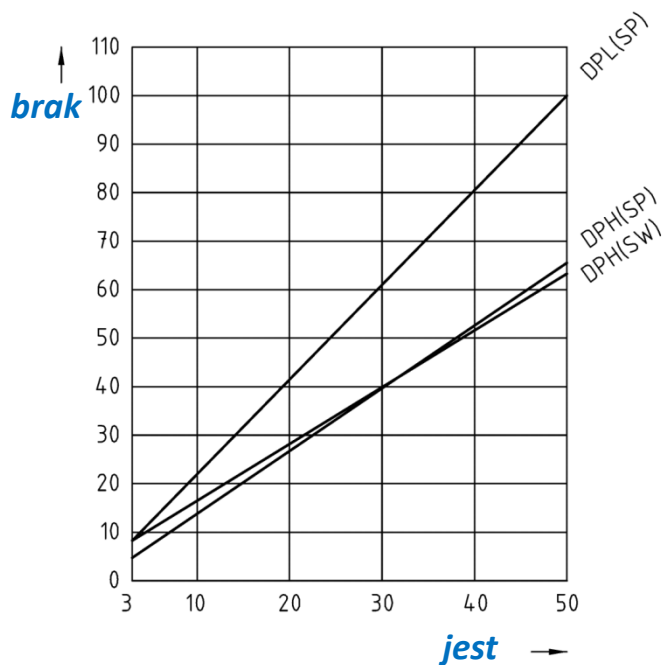


GBI:

BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

WPŁYW ZWG



$$N_{10} = a_1 N_{10}^* + a_2$$

$U_c = d_{60}/d_{10}$	DPL		DPH	
	a_1	a_2	a_1	a_2
≤ 3	2,0	2,0	1,3	2,0
≥ 6	-	-	1,2	4,5

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

**BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ)
(DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)**

**INTERPRETACJA
DPL**

- PN-B-04452:2002

$$I_D = 0,15 + 0,260 \log N_{10}$$



$$I_D = 0,21 + 0,230 \log N_{10}$$

$$I_S = 0,855 + 0,165 I_D$$

GBI: **BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ**

**BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ)
(DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)**

**POMIAR
ENERGII**



GBI:

BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ)
(DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

Wskaźnik energii młota

$$EM = \frac{1}{n} \sum_1^n E \quad E(t) = \int_0^t F(t)V(t)dt \quad F(t) = A_a E_a \varepsilon_m(t)$$

$$E_r = \frac{EM}{ET} \leq 1$$

$$ET = mgh$$

GBI:

BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ)
(DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

Opór penetracji

$$q_d = \left(\frac{m}{m + m'} \right) r_d$$

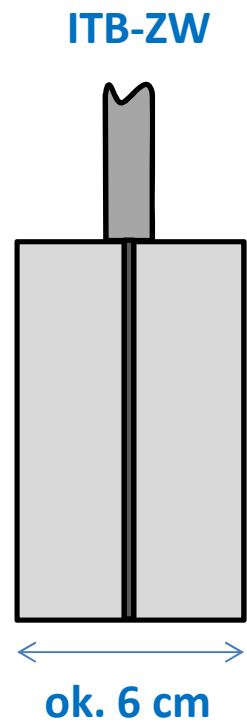
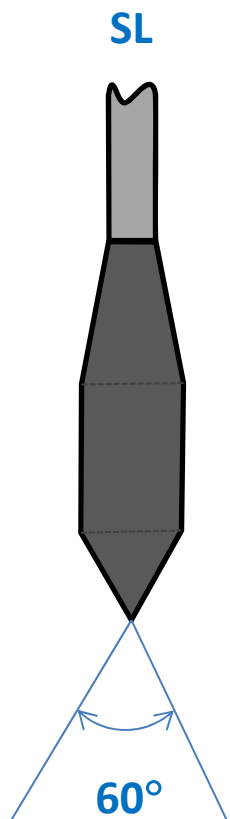
$$r_d = \frac{EM}{Ae} = \frac{ET}{Ae}$$

Dynamiczny opór stożka

GBI:

BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ LEKKĄ (STOŻKOWĄ) i ITB-ZW



ok. 12 cm

		$I_D [-]$	0,33	0,67	0,85
SL	N_{10}		5 (5)	20 (22)	60 (50)
ITB-ZW	N_{10}		6	18	30



GBI: BADANIA PENETRACJI DYNAMICZNEJ

BADANIE SONDĄ DYNAMICZNĄ (STOŻKOWĄ) (DYNAMIC PROBING – DPL, DPM, DPL)

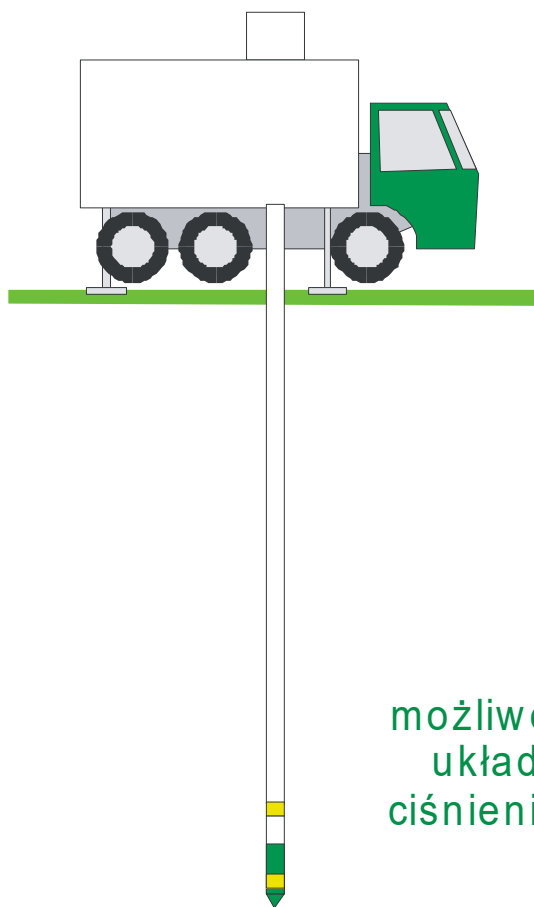
- NAJPOPULARNIEJSZE BADANIE IN SITU W POLSCE**
- PROSTE I TANIE**
- RUTYNOWO WYKORZYSTYWANE DO KONTROLI ZAGĘSZCZENIA**
- GŁĘBOKOŚĆ NOMINALNA A KONTROLA ZAGĘSZCZENIA**
- ZALECANY POMIAR ENERGII**
- BRAK MOŻLIWOŚCI POZYSKANIA PRÓBKII**
- BRAK UNIWERSALNYCH KORELACJI W GRUNTACH DROBNOZIARNISTYCH / SPOISTYCH**

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

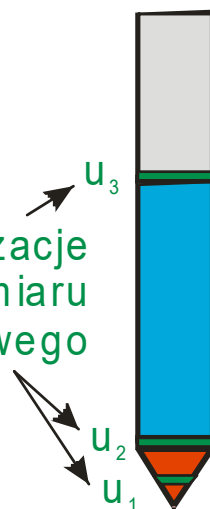
BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)



- Holandia lata 30-te XX w
- 1950... – Begemann
- 1988 – ISSMGE TC-16 test procedure
- 1994 – Eurocode
- 2012 – PN-EN ISO 22476-1

możliwe lokalizacje
układów pomiaru
ciśnienia porowego



żerdź prowadząca

pobocznica

stożek pomiarowy



GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

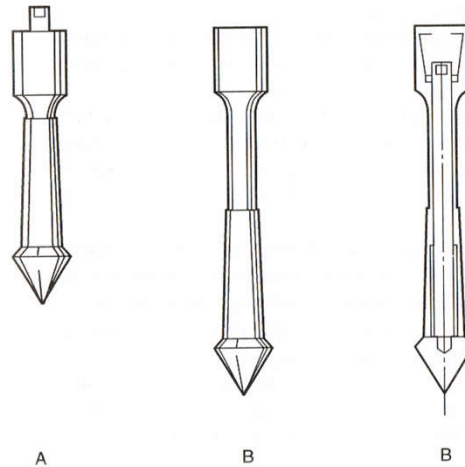
(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

HISTORIA

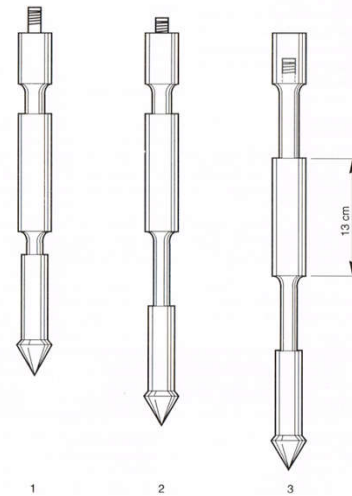
1935



1948



1953



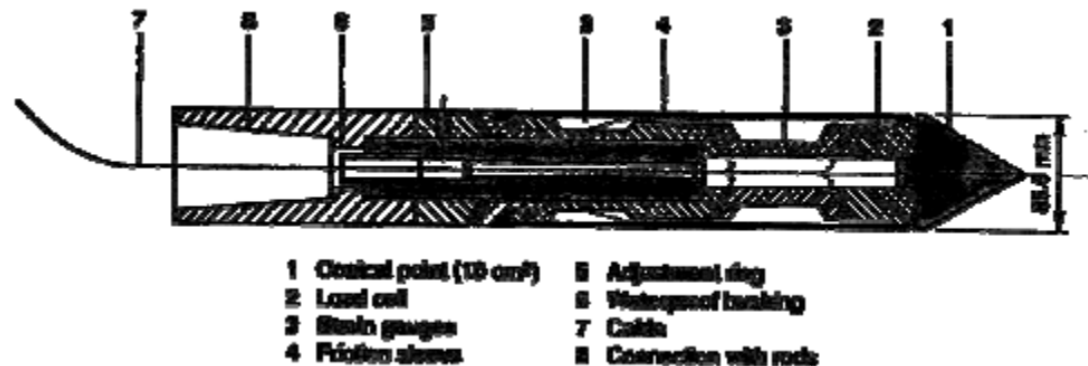
Begemann type cone with friction sleeve

GBI: **BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ**

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

HISTORIA

1965- Fugro: „electrical friction cone”



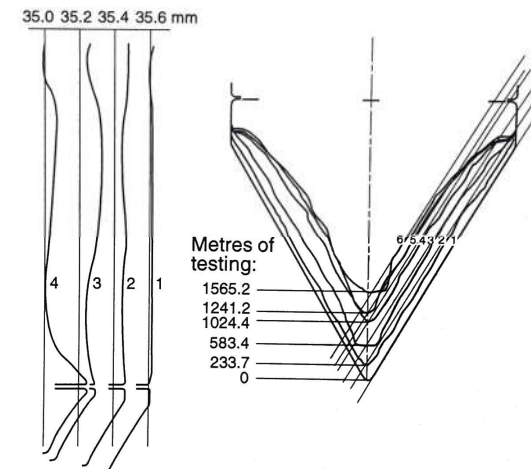
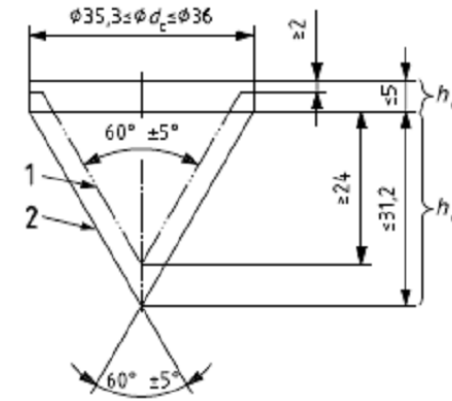
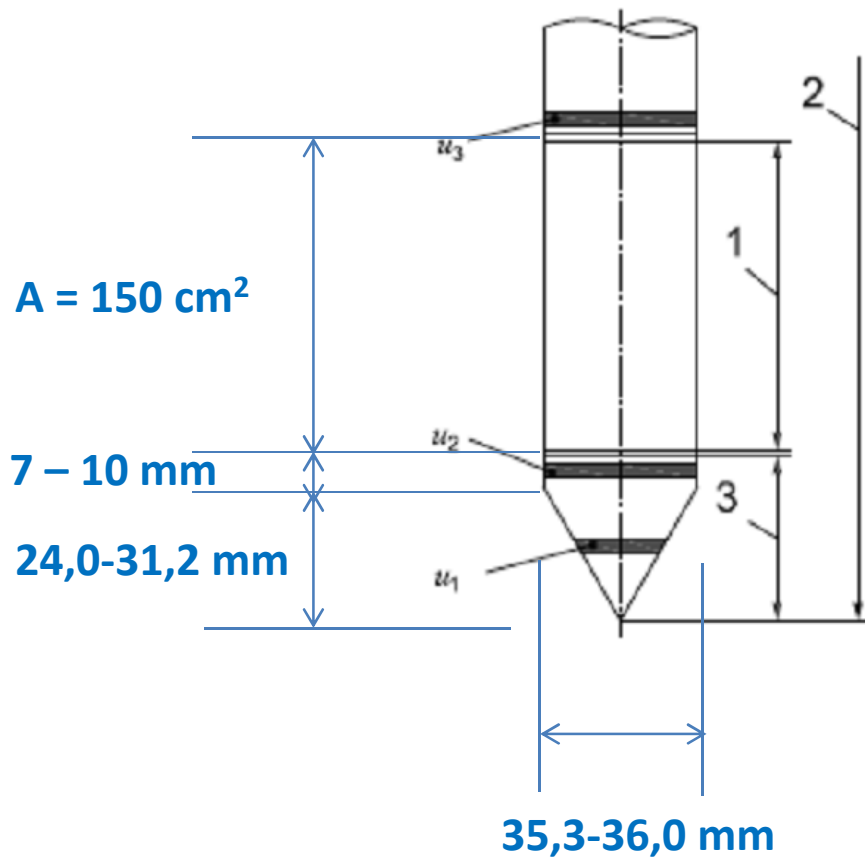
GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

BUDOWA



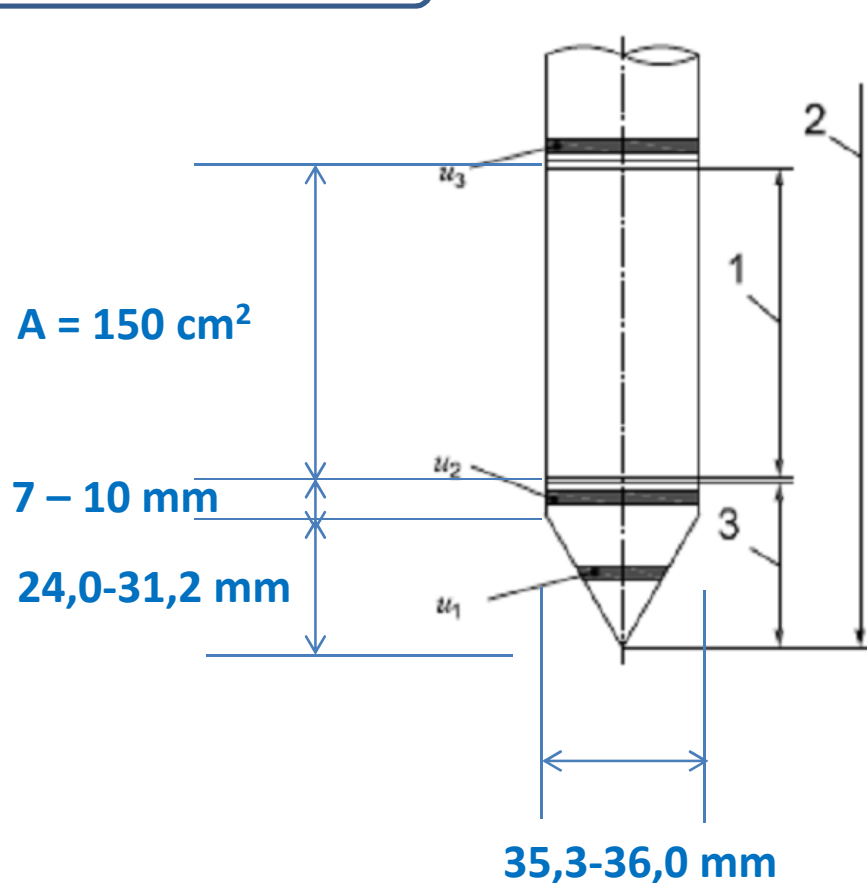
GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

BUDOWA



$$d_c < d_2 < d_c + 0,35 \text{ [mm]}$$

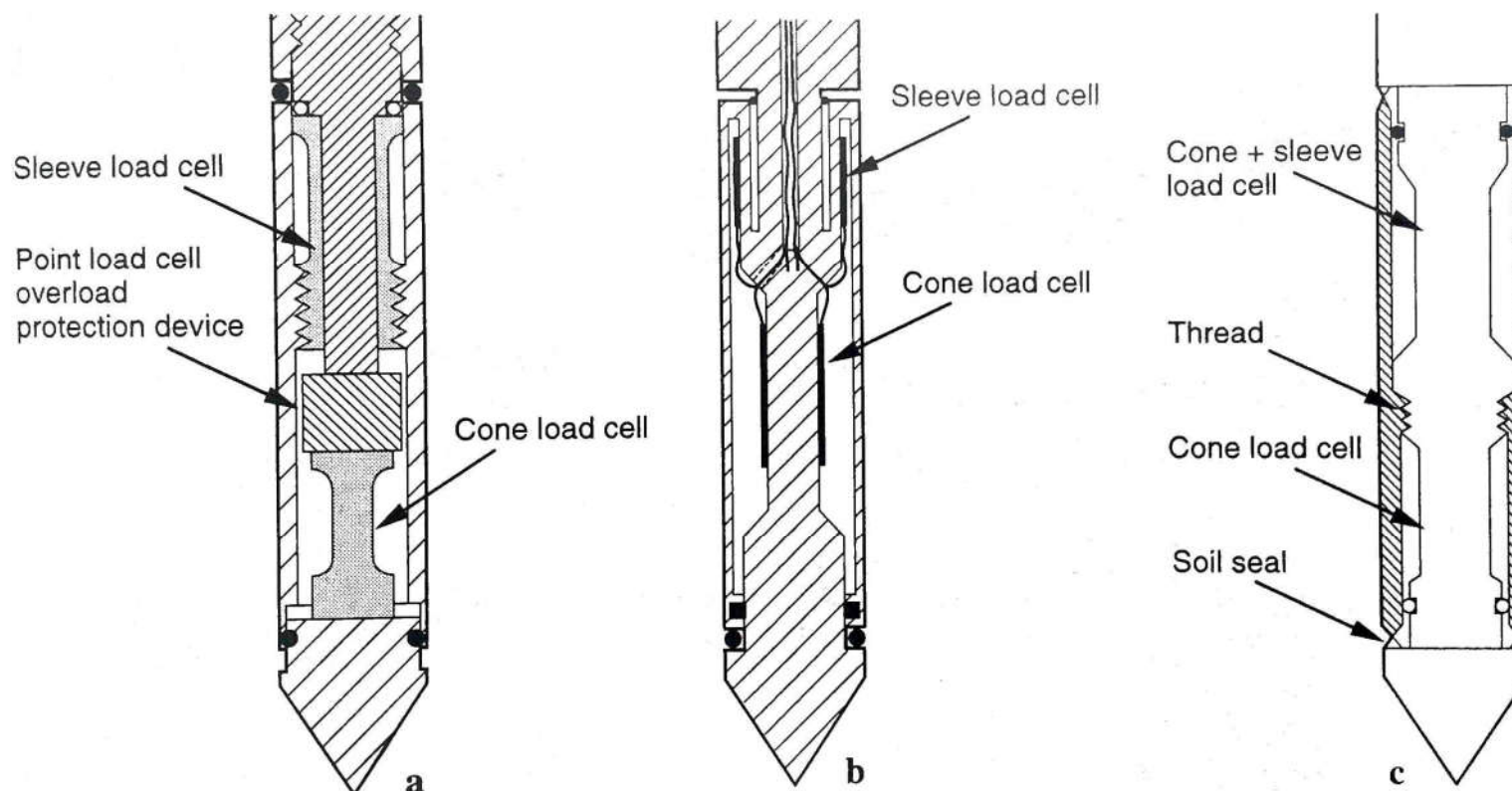
GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

BUDOWA



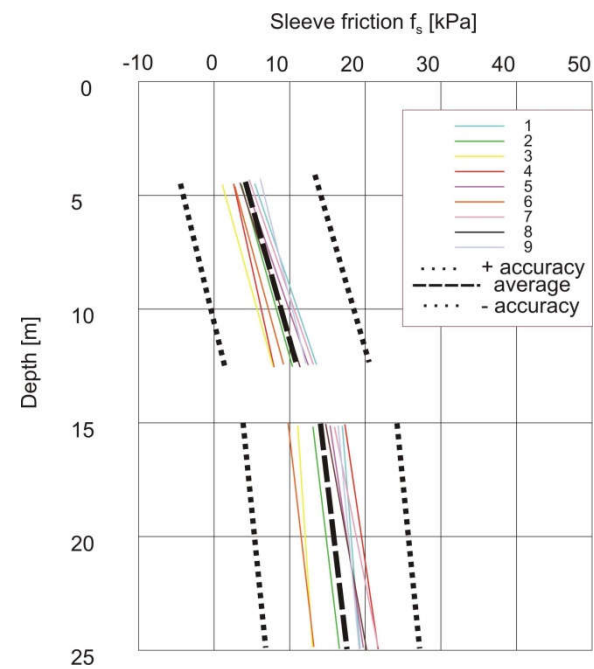
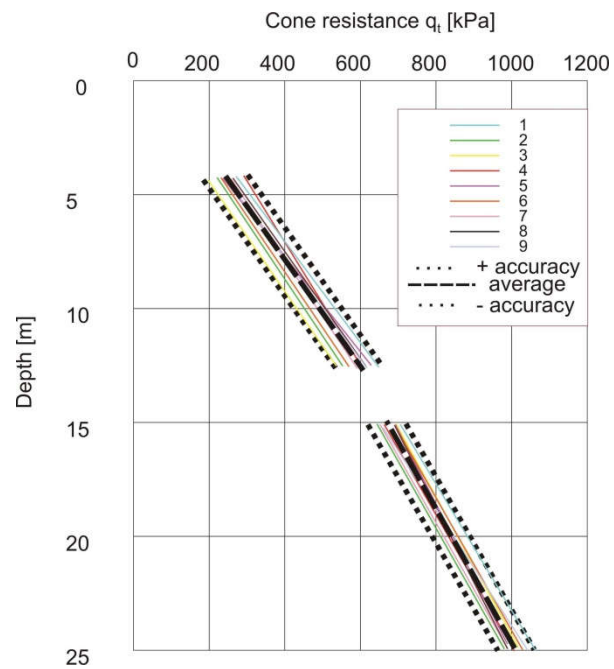
GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

BUDOWA



GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

KLASY STOSOWALNOŚCI

KLASA	TEST	PARAMETR	DOKŁADNOŚĆ	CZĘŚTOŚĆ	GRUNT	INTERPRETACJA
1	TE2	Opór stożka - q_c	<ul style="list-style-type: none">• 35 kPa• 5%	20 mm	<ul style="list-style-type: none">• Cl & Si• homogeniczne• od mpl do tpl• $q_c < 3$ MPa	<ul style="list-style-type: none">• profilowanie• interpretacja parametrów
		Tarcie na poboczniczy - f_s	<ul style="list-style-type: none">• 5 kPa• 10%			
		Ciśnienie porowe - u_c	<ul style="list-style-type: none">• 10 kPa• 2%			
		Odchylenie od pionu - i	2°			

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

KLASY STOSOWALNOŚCI

KLASA	TEST	PARAMETR	DOKŁADNOŚĆ	CZĘSTOŚĆ	GRUNT	INTERPRETACJA
2	TE1 TE2	Opór stożka - q_c	<ul style="list-style-type: none"> • 100 kPa • 5% 	20 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Cl & Si • homogeniczne • od mpl do tpi • $q_c < 3$ MPa • warstwowane • Sa • do szg 	<ul style="list-style-type: none"> • profilowanie • wstępna interpretacja parametrów
		Tarcie na poboczniczy - f_s	<ul style="list-style-type: none"> • 15 kPa • 15% 			
		Ciśnienie porowe - u_c	<ul style="list-style-type: none"> • 25 kPa • 3% 			
		Odchylenie od pionu - i	2°			

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

KLASY STOSOWALNOŚCI

KLASA	TEST	PARAMETR	DOKŁADNOŚĆ	CZĘSTOŚĆ	GRUNT	INTERPRETACJA
3	TE1 TE2	Opór stożka - q_c	<ul style="list-style-type: none"> • 200 kPa • 5% 	50 mm	<ul style="list-style-type: none"> • Cl & Si • homogeniczne • od mpl do tpl • $q_c < 3$ MPa 	<ul style="list-style-type: none"> • profilowanie
		Tarcie na poboczniczy - f_s	<ul style="list-style-type: none"> • 25 kPa • 15% 		<ul style="list-style-type: none"> • Sa & Cl • warstwowane • od mpl do tpl • szg • $1,5 < q_c < 3$ MPa 	<ul style="list-style-type: none"> • profilowanie • wstępna interpretacja parametrów
		Ciśnienie porowe - u_c	<ul style="list-style-type: none"> • 50 kPa • 5% 		<ul style="list-style-type: none"> • Sa & Cl • warstwowane • do bardzo zagęszczonych i zwartych 	<ul style="list-style-type: none"> • profilowanie • interpretacja parametrów
		Odchylenie od pionu - i	5°			

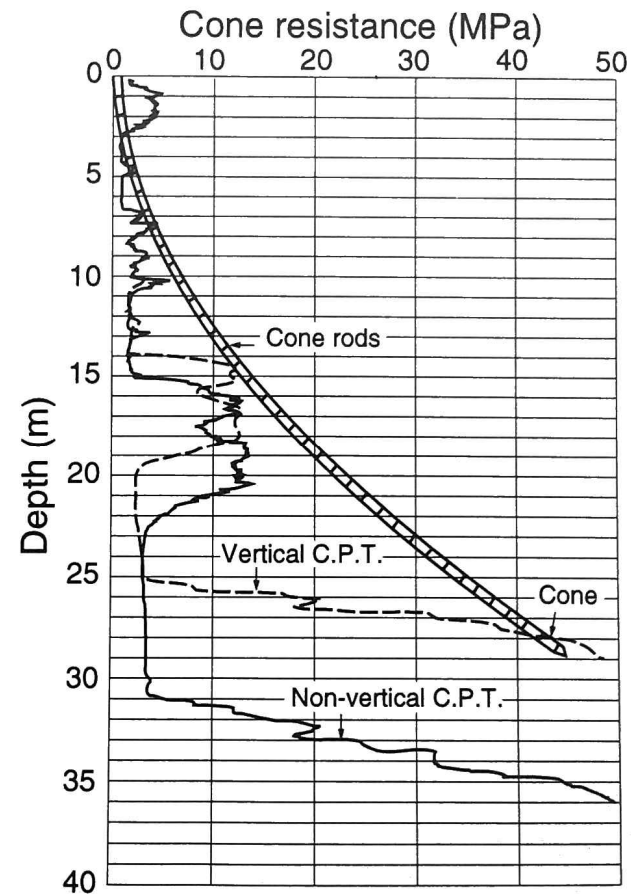
GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

KLASY STOSOWALNOŚCI



GBI:

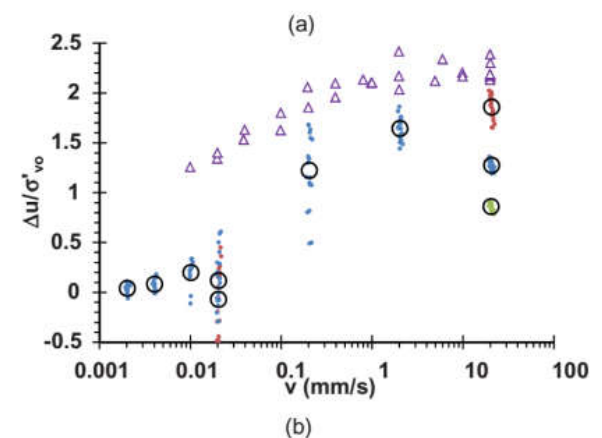
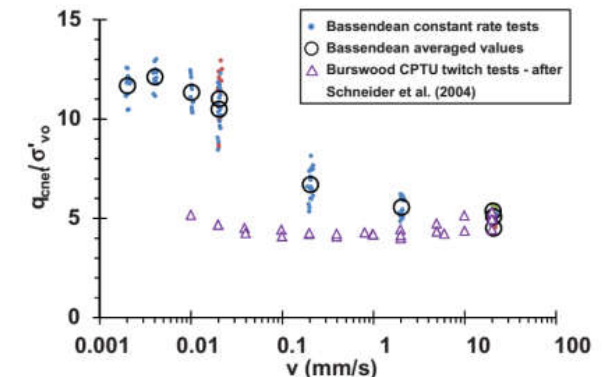
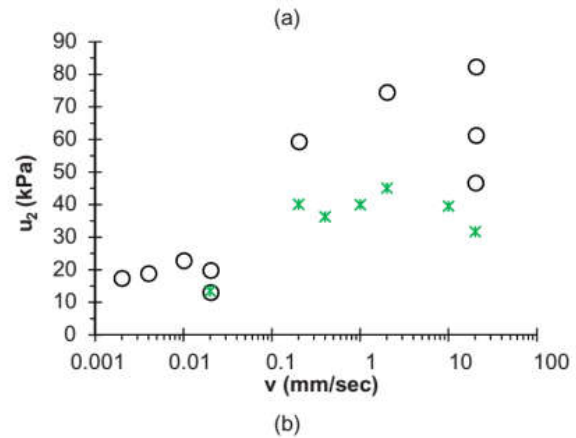
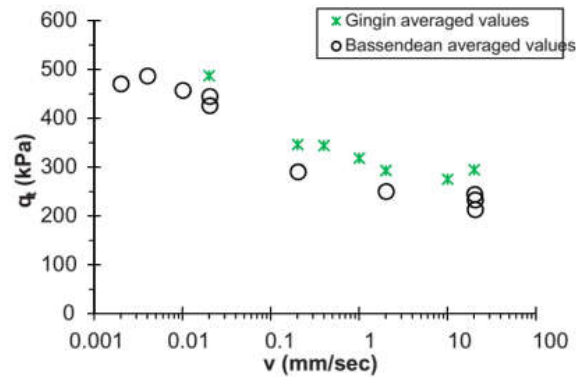
BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

KLASY STOSOWALNOŚCI

Wpływ prędkości penetracji



Suzuki i inni 2013

GBI: **BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ**

**BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ
(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)**

URZĄDZENIA



GBI: **BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ**

**BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ
(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)**

URZĄDZENIA



GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

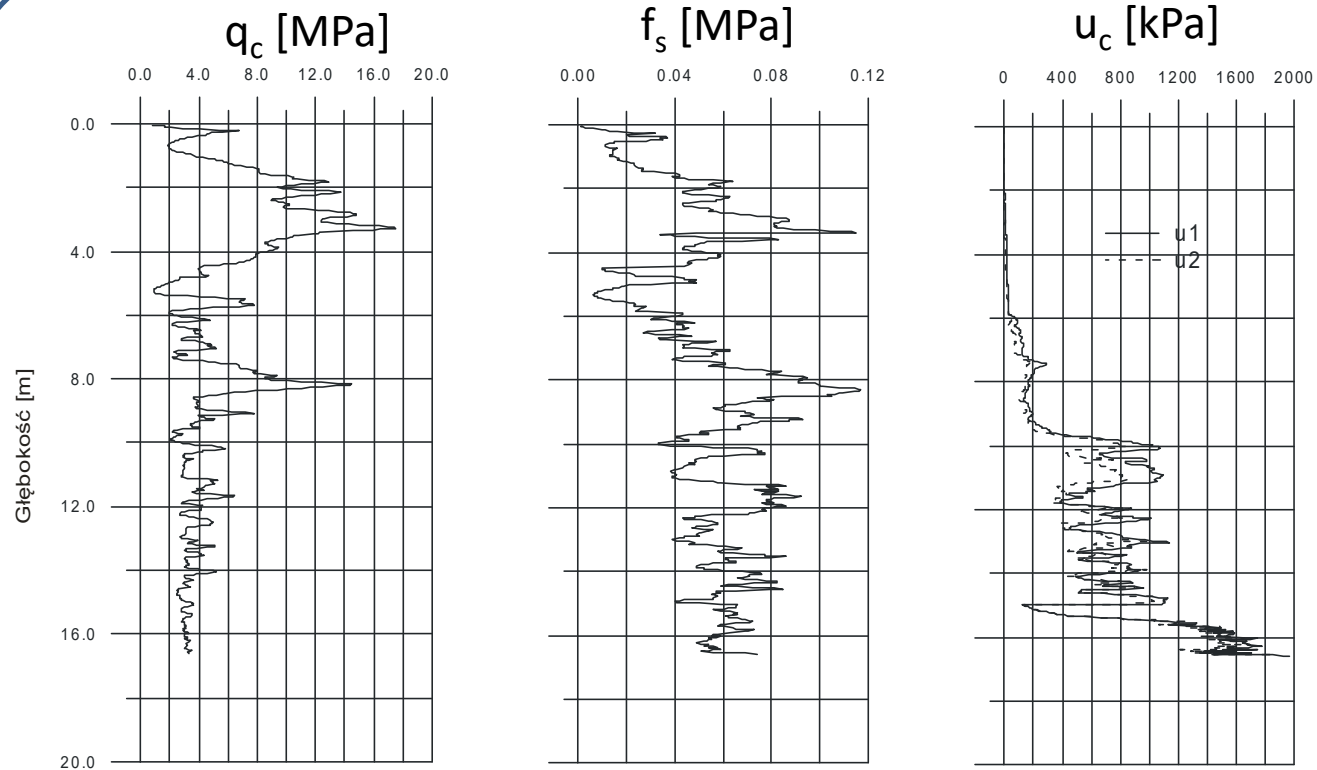
(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

POMIAR

q_c [MPa]

f_s [MPa]

u_c [kPa]



GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

POMIAR

q_c [MPa]

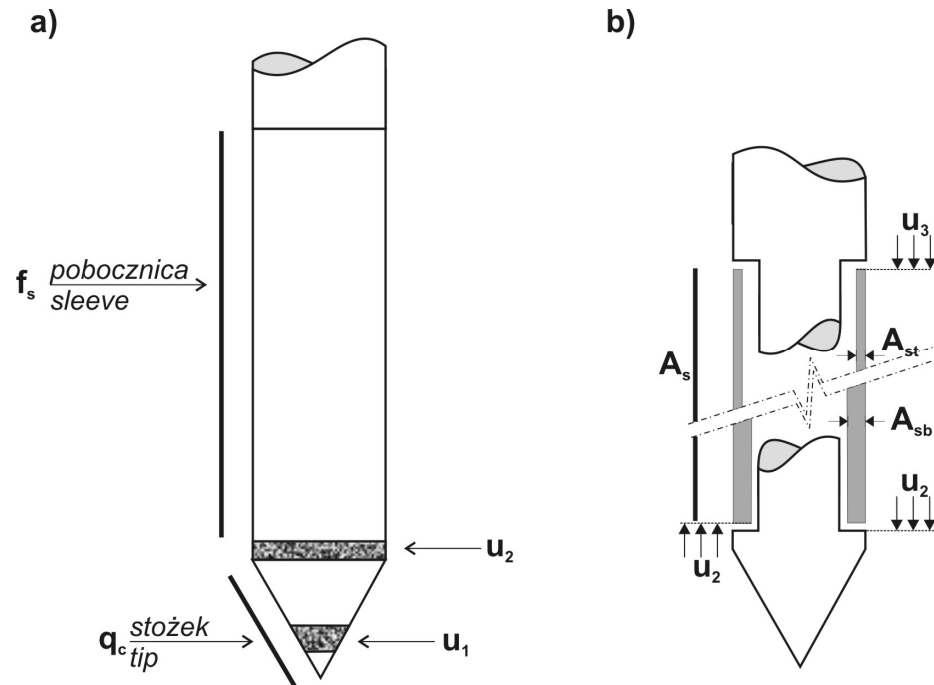
f_s [MPa]

u_c [kPa]

$$R_f = \frac{f_s}{q_c} \cdot 100\%$$

KOREKTA

$$q_t = q_c + (1 - a) \cdot u_2$$



GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

KOREKTA

q_c [MPa]

f_s [MPa]

u_c [kPa]

$$q_n = (q_t - \sigma_{v0})$$

$$Q_t = \frac{(q_t - \sigma_{v0})}{\sigma'_{v0}}$$

$$B_q = \frac{u_2 - u_0}{q_t - \sigma'_{v0}}$$

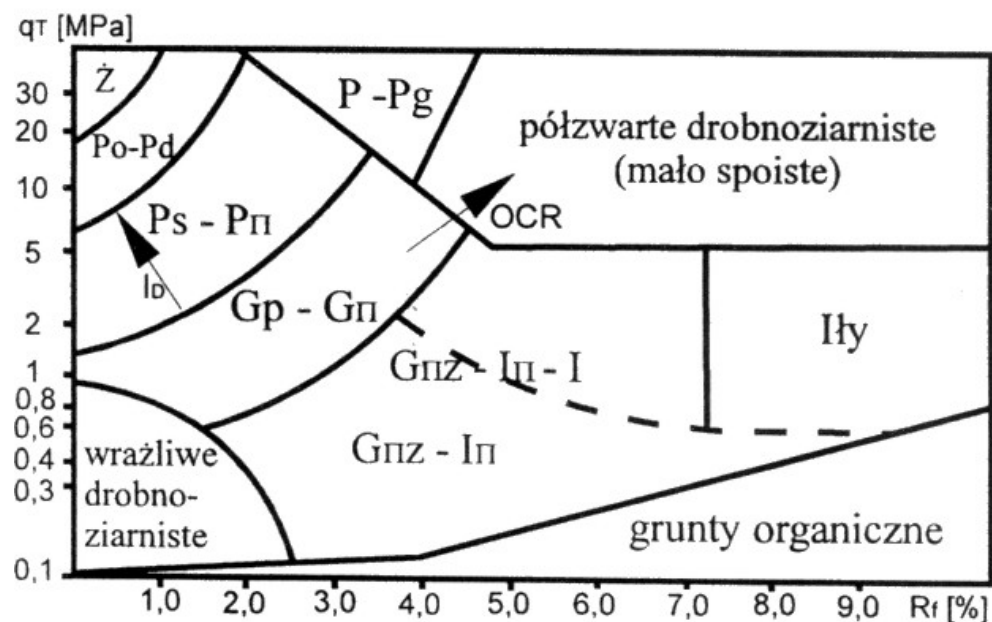
$$I_c = [(3.47 - \log Q_t)^2 + (\log R_f + 1.22)^2]^{0.5}$$

GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

DIAGRAMY KLASYFIKACYJNE



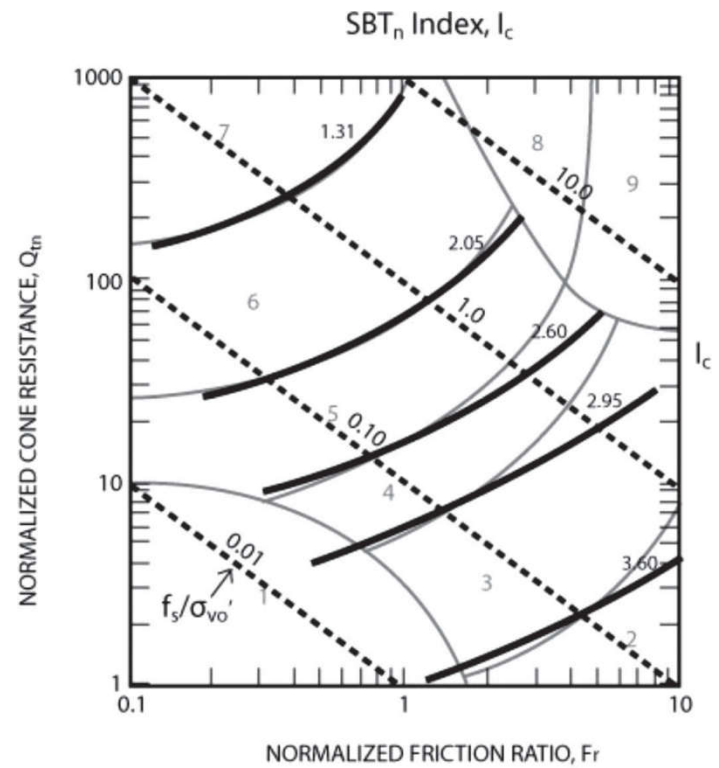
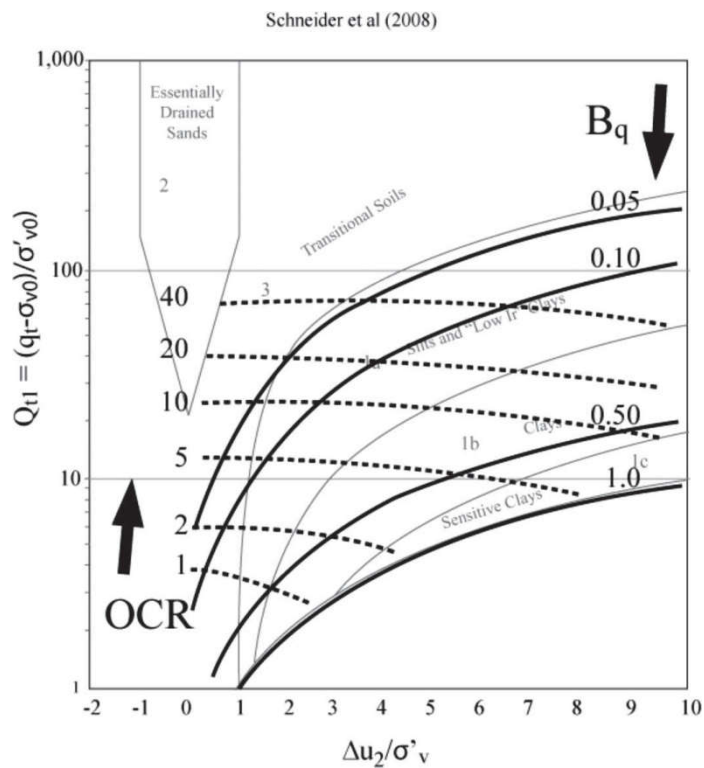
(Młynarek, Tschuschke i Wierzbicki 1997)

GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

DIAGRAMY KLASYFIKACYJNE



(Robertson 1990/2011)

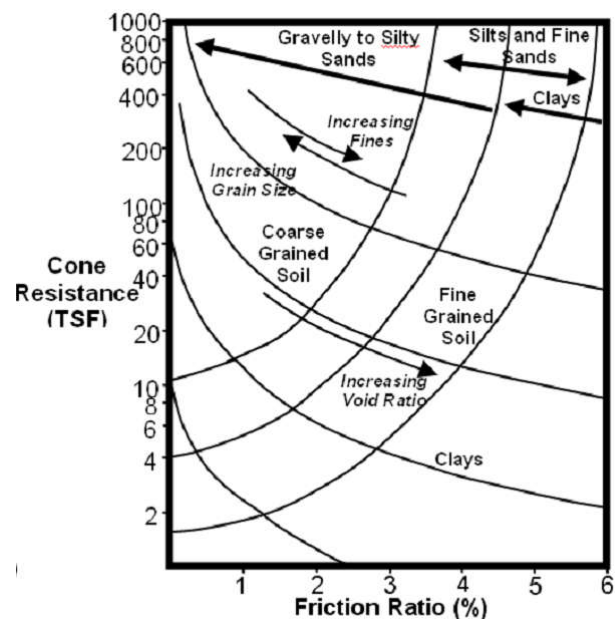
GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

DIAGRAMY KLASYFIKACYJNE

Probabilistic soil classification (Zhang & Tumay 1999)



Douglas i Olsen 1981



$$x = 0.1539 R_f + 0.8870 \log q_c - 3.35$$

$$y = -0.2957 R_f + 0.4617 \log q_c - 0.37$$



$$U = - \frac{(a_1x - a_2y + b_1)(c_1x - c_2y + d_1)}{(c_1x - c_2y + d_1)^2 + (c_2x + c_1y + d_2)^2} - \frac{(a_2x + a_1y + b_2)(c_2x + c_1y + d_2)}{(c_1x - c_2y + d_1)^2 + (c_2x + c_1y + d_2)^2}$$

U - soil classification index



$$a_1 = -11.345, a_2 = -3.795, b_1 = 15.202, b_2 = 5.085, c_1 = -0.269,$$

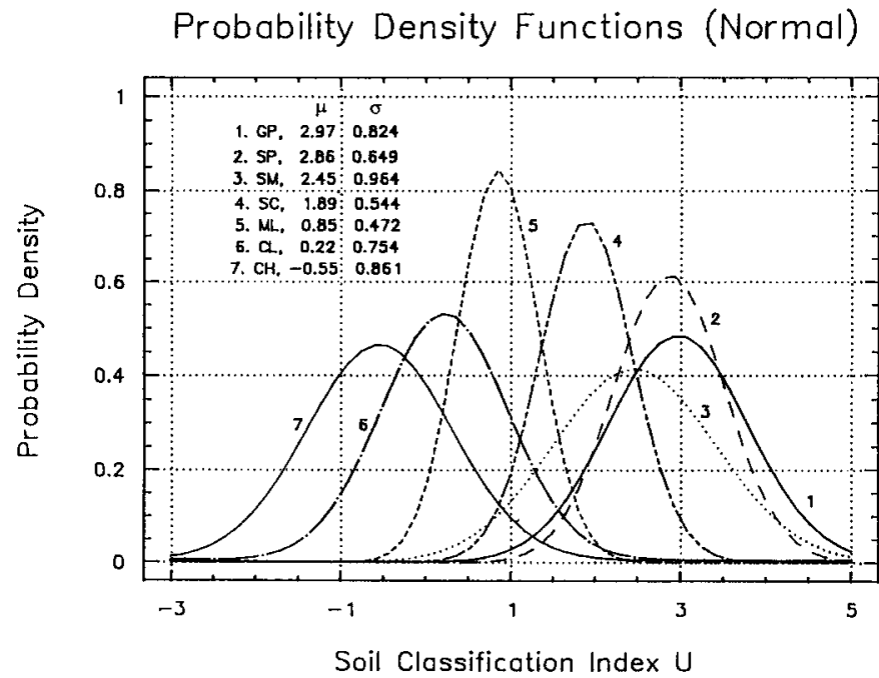
$$c_2 = -0.759, d_1 = -2.960 \text{ and } d_2 = 2.477$$

GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

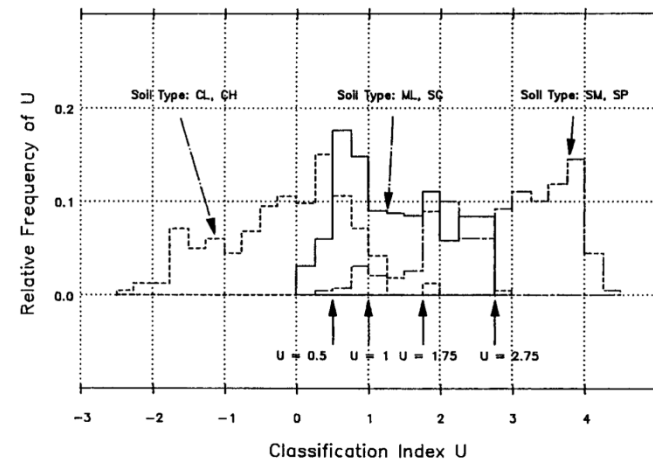
DIAGRAMY KLASYFIKACYJNE



(Zhang & Tumay 1999)

TABLE 1. Soil Types from Unified Soil Classification System (Standard 1987)

Symbol (1)	Soil type index (SI) (2)	Typical names (3)
GP	1	Poorly graded gravels, gravel-sand mixtures, little or no fines
SP	2	Poorly graded sands, gravelly sands, little or no fines
SM	3	Silty sands, poorly graded sand-silt mixtures
SC	4	Clayey sands, poorly graded sand-clay mixtures
ML	5	Inorganic silts and very fine sands, rock flour, silty or clayey fine sands with slight plasticity
CL	6	Inorganic clays of low to medium plasticity, gravelly clays, sandy clays, silty clays, lean clays
CH	7	Inorganic clays of high plasticity, fat clays



GBI:

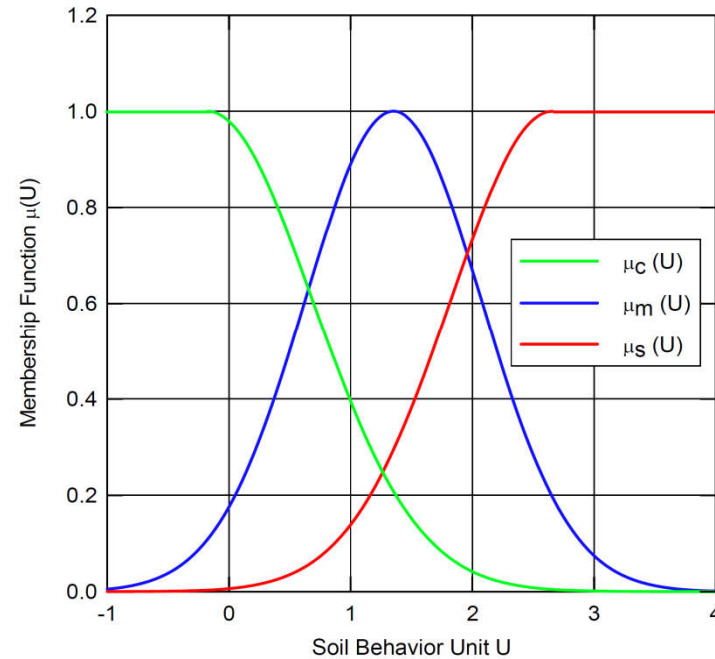
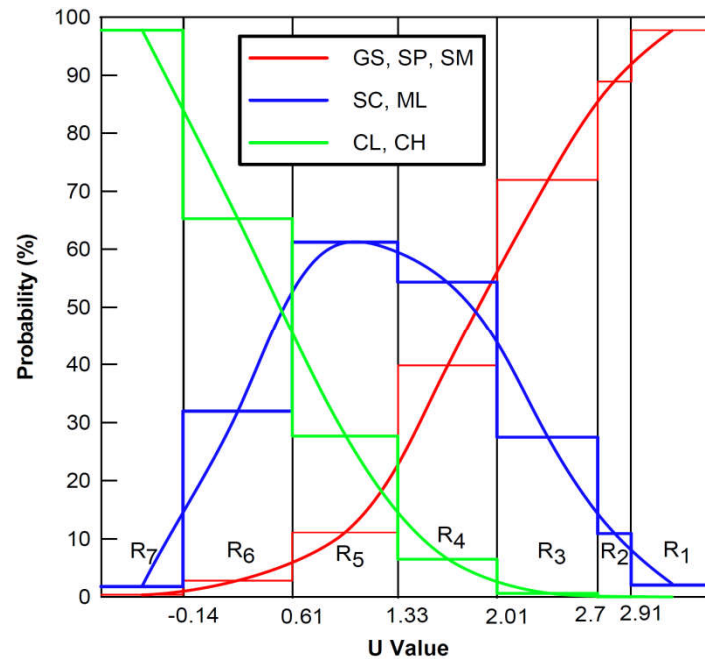
BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

DIAGRAMY KLASYFIKACYJNE

(Zhang & Tumay 1999)



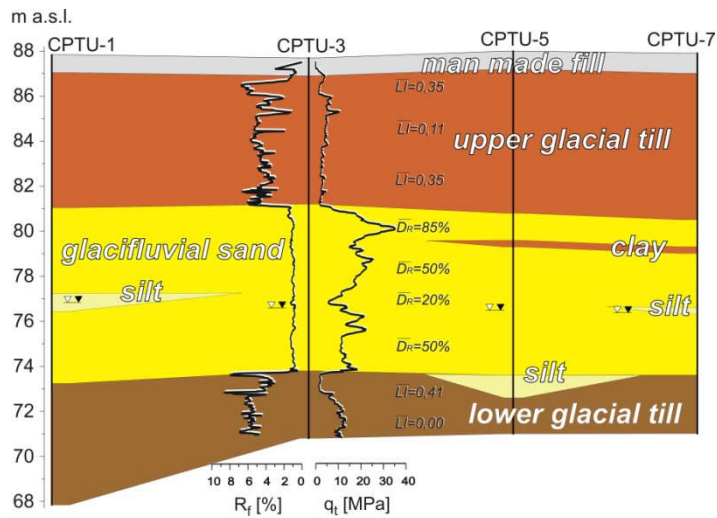
GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

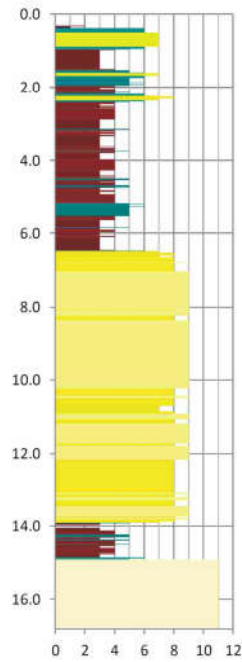
BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

(Tumay et al. 2011)



Robertson et al. 86



DIAGRAMY KLASYFIKACYJNE

- 1-Sensitive Fine-Grained
- 2-Organic
- 3-Clay
- 4-Silty Clay to Clay
- 5-Clayey Silt to Silty Clay
- 6-Sandy Silt to Clayey Silt
- 7-Silty Sand to Sandy Silt
- 8-Sand to Silty Sand
- 9-Sand
- 10-Sand to Gravelly Sand
- 11-Very Stiff Fine-Grained
- 12-Overconsolidated/Cemented Sand

GBI:

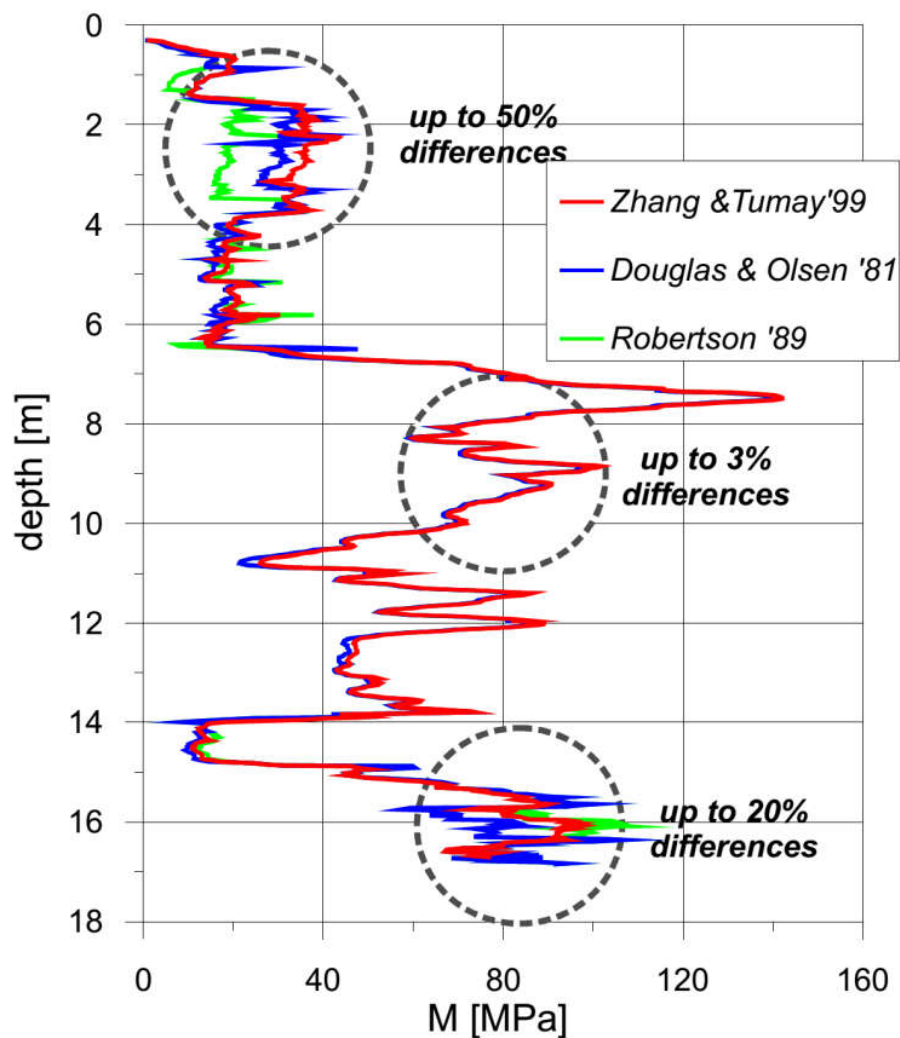
BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

(Tumay, Młynarek, Wierzbicki 2012)

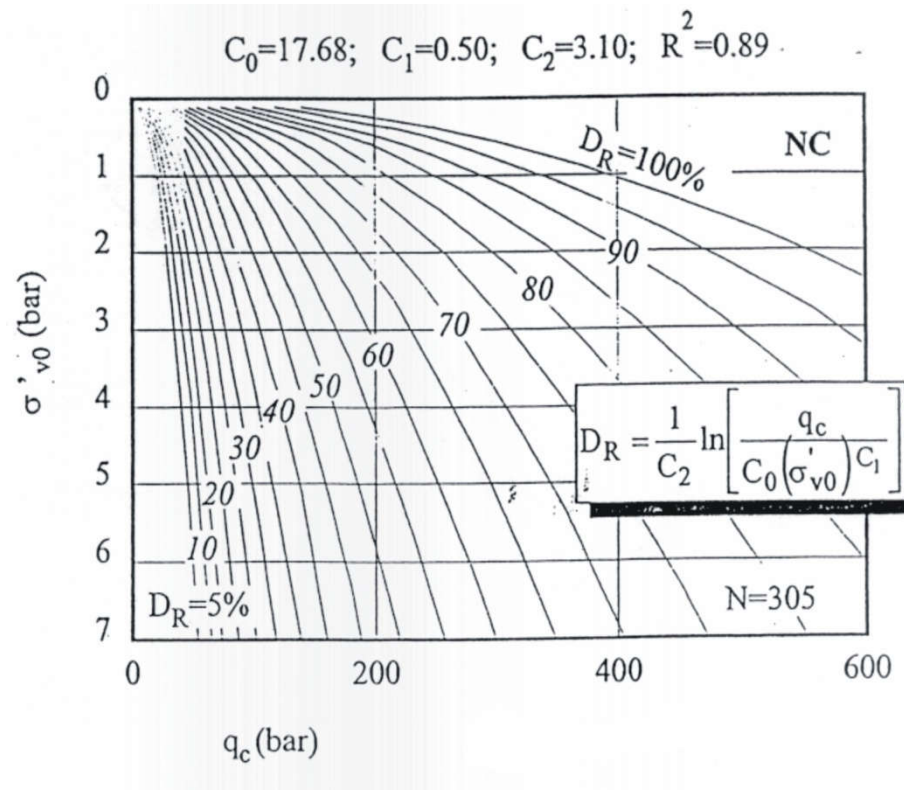


GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

I_D



(Baldi et al. 1986)

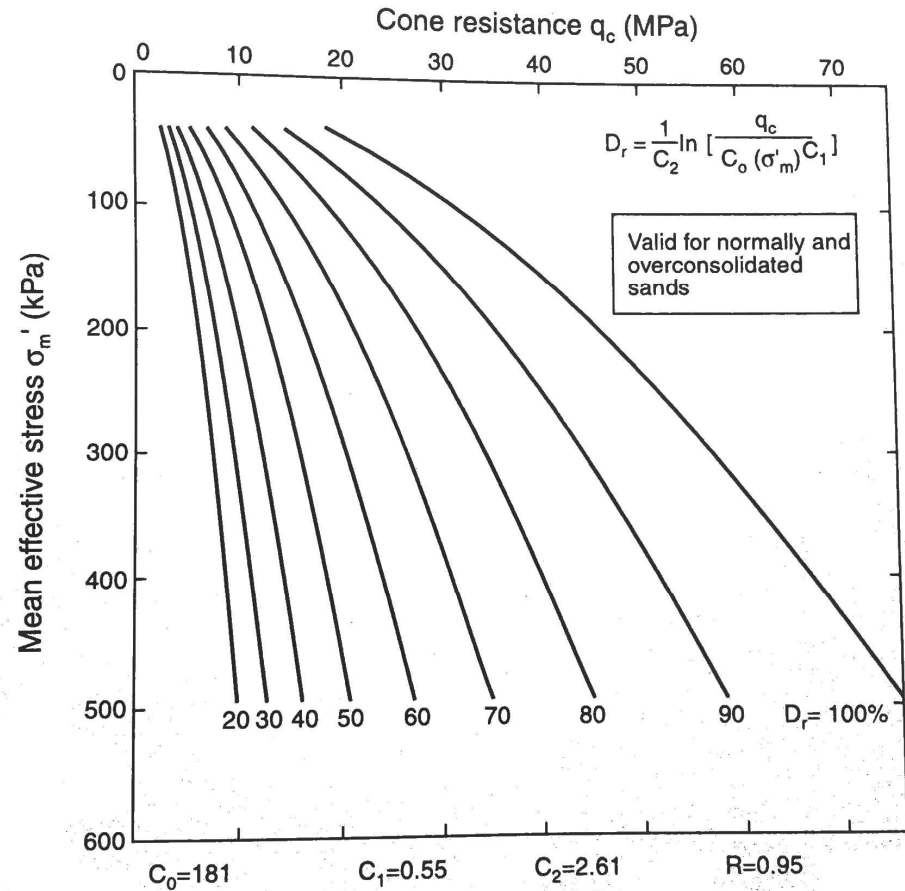
GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

I_D



(Baldi et al. 1986)

GBI:

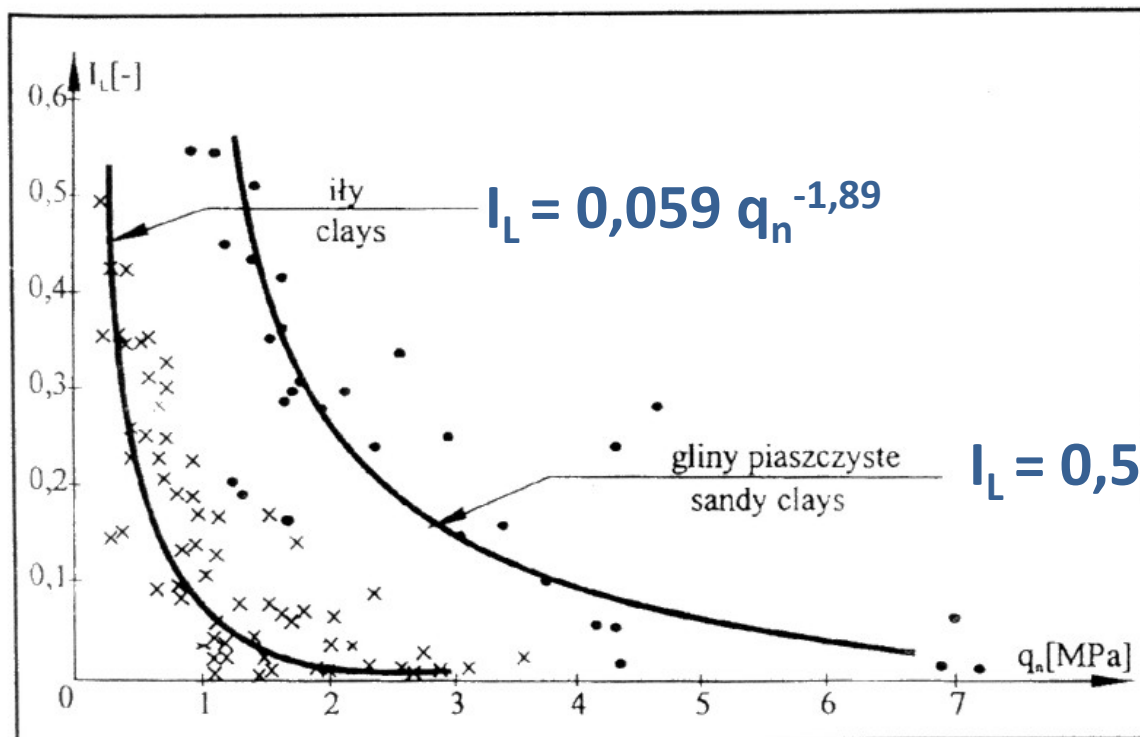
BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

I_L



(Młynarek i inni 1997)

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

I_L



$$I_L = 0,242 - 0,427 \log(q_t)$$



$$I_L = 0,518 - 0,653 \log(q_t)$$

(PN-B-04452:2002)

$$I_L = 0,31 - 0,216 \ln(q_n)$$

NC

(Liszkowski i inni 2004)

$$I_L = 0,344 - 0,38 \ln(q_n)$$

OC

$$I_L = 0,375 - 0,254 \ln(q_n)$$

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

$$M = \alpha(q_n)$$

(Sanglerat ,1972)

M

$I_p > 5\%$

$$\alpha \approx 5-15$$

(Senneset et al. 1989)

$$\alpha = 8,25$$

(Kulhawy & Mayne 1990)

$I_p < 5\%$

$$\alpha = 4$$

NC

(Lunne & Christophersen 1983)

$$\alpha = 5$$

OC

OL

$$\alpha = 5-8$$

OH

$$\alpha = 2-4$$

GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

$$M = \alpha(q_n)$$

(Sanglerat ,1972)

M

CPTU + CRS

(Z. Młynarek, J. Wierzbicki, T. Lunne 2016)

$$M_{CPTU} = 8,25 (q_t - \sigma_{v0})$$



σ_{v0}



σ'_p

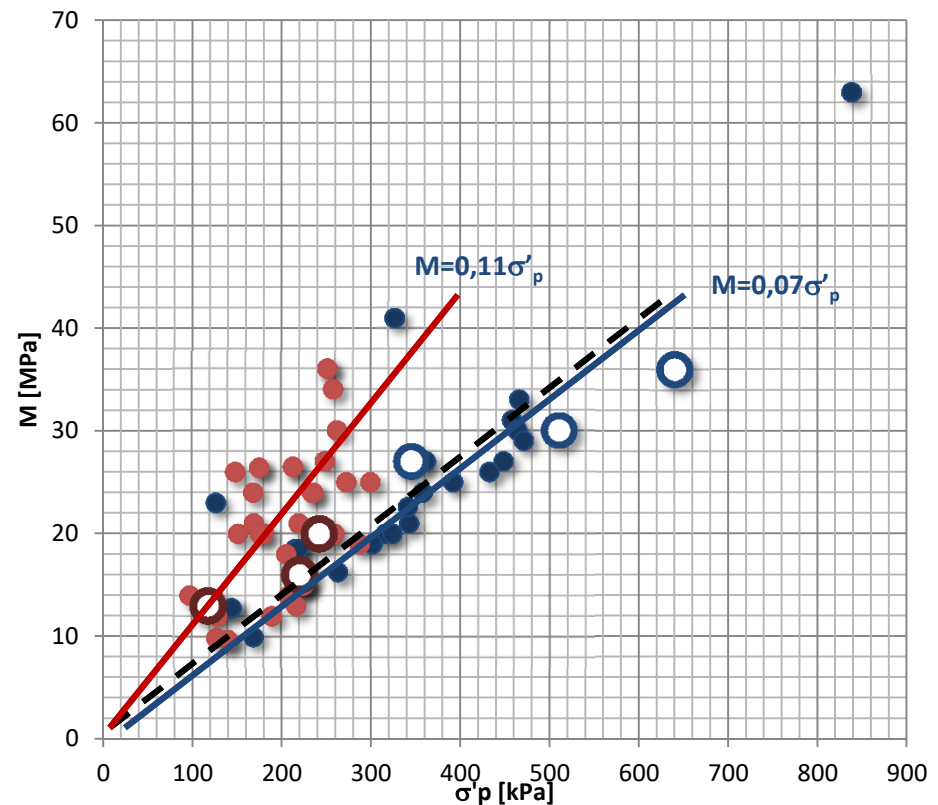


OC

$$M_{ED} = M_{CPTU} = 8,25 q_n$$

NC

$$M_{ED} = 1,6 M_{CPTU} = 13,13 q_n$$



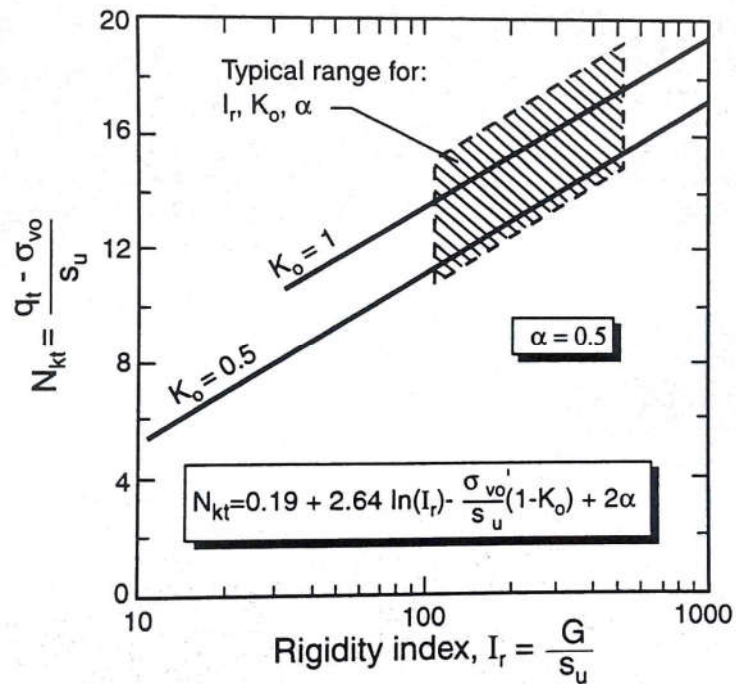
GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

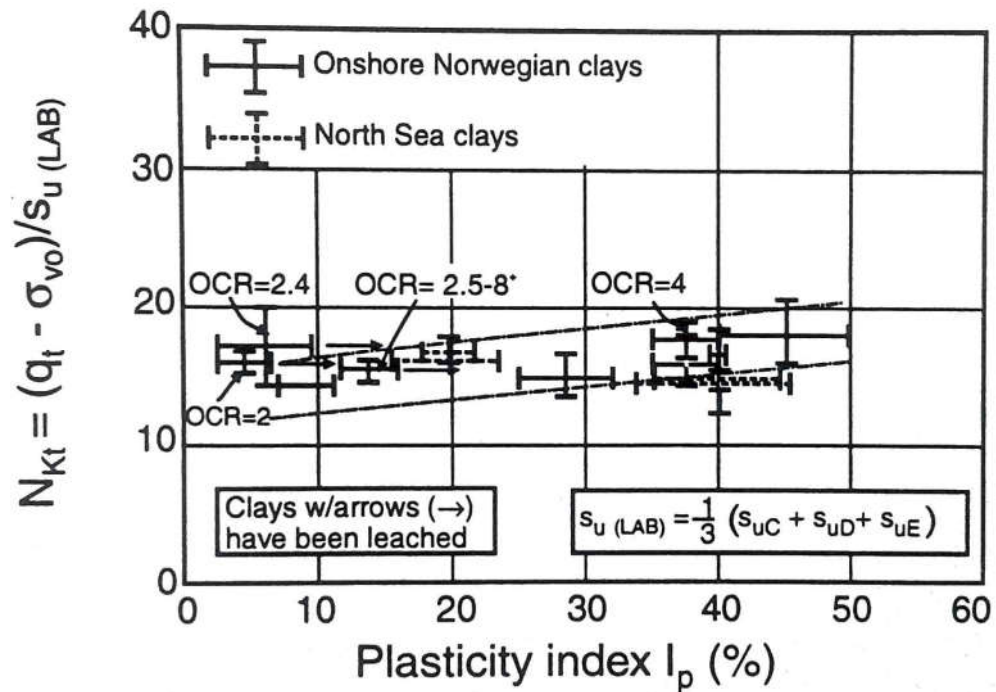
INTERPRETACJA

$$s_u = q_n / N_{kt}$$

s_u



(Teh, 1987)



(Aas et al., 1986)

GBI:

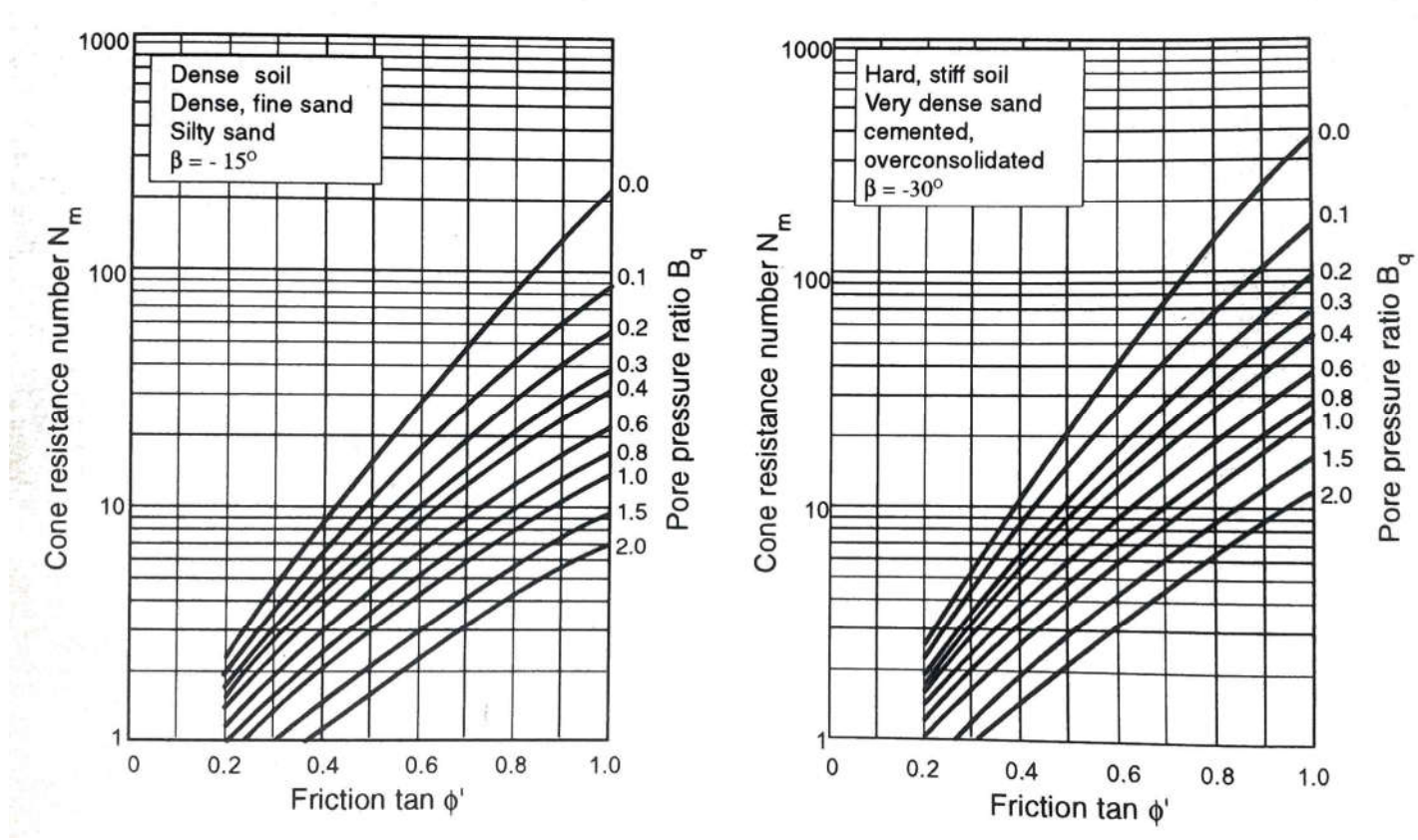
BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

$$N_m = q_n / (\sigma'_{v0} + a)$$

ϕ'



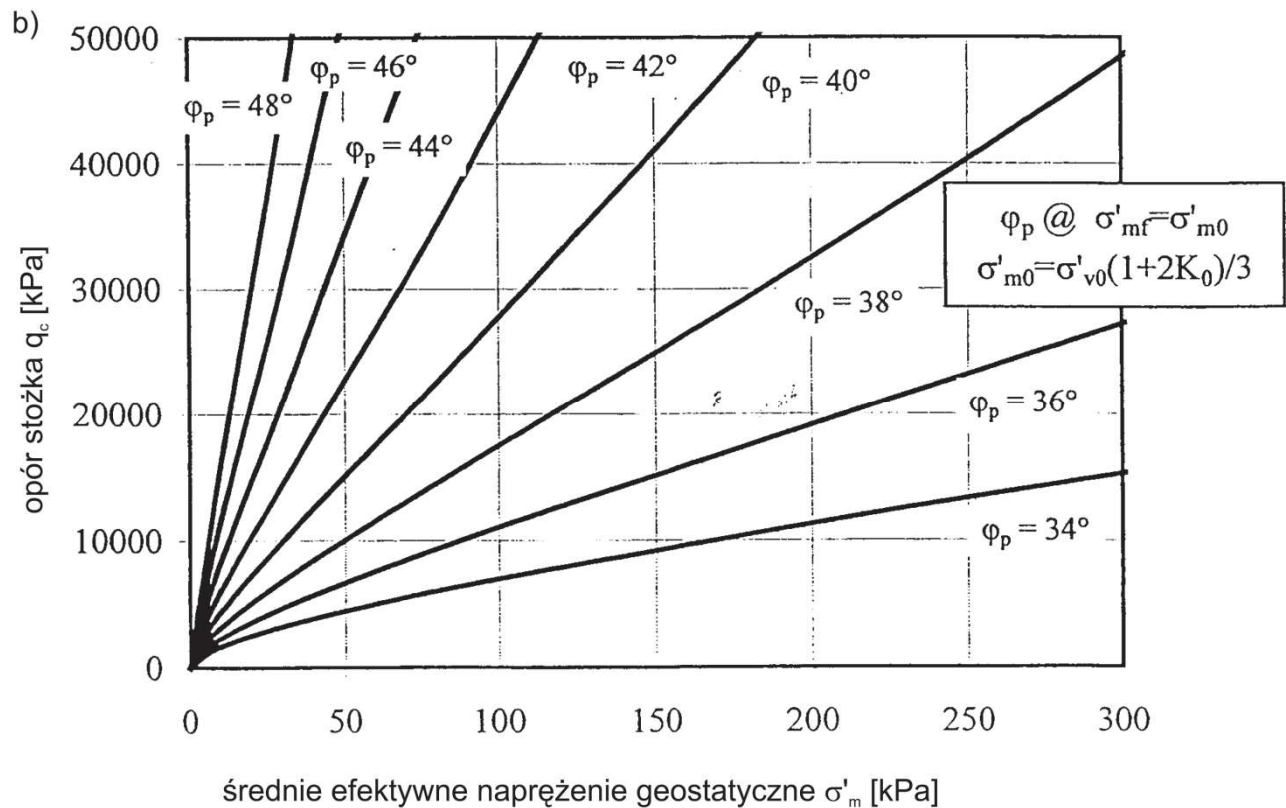
(Senneset et al. 1988)

GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

ϕ'



(Jamiolkowski et al. 2001)

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

ϕ'

$$\phi' = \text{atan} (0,1+0,38\log(q_t/\sigma'_{v0}))$$

(Mayne 2006)

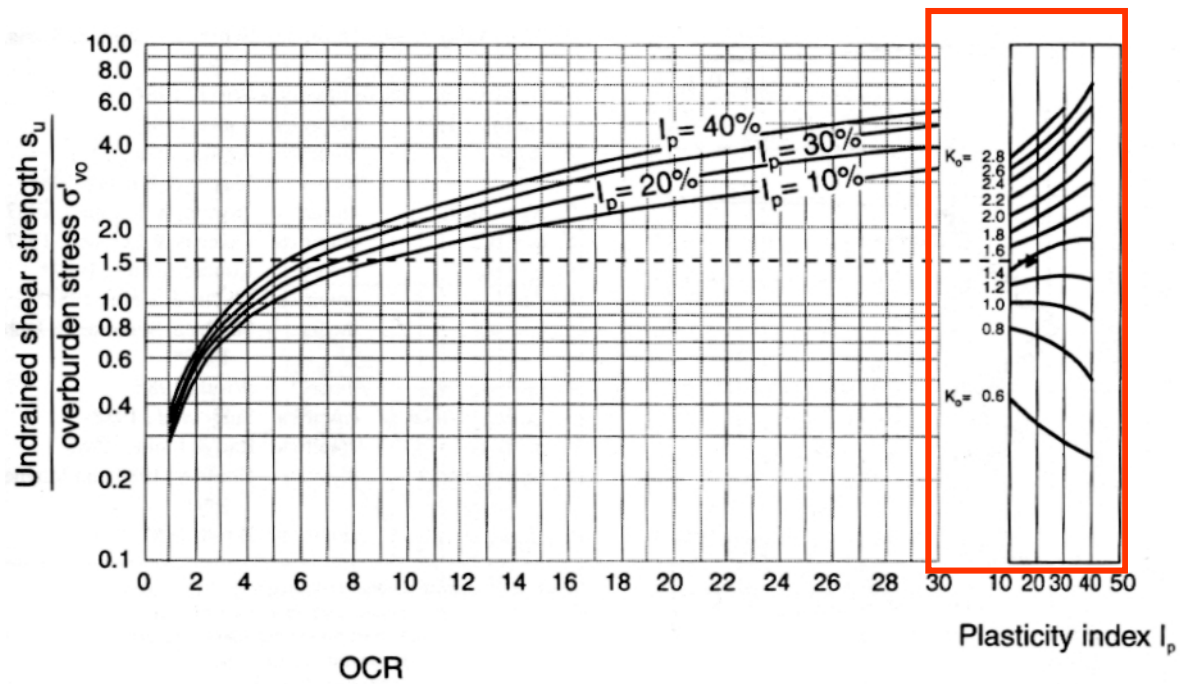
$$\phi'_{\text{kor.}} = \text{atan} (0,1+0,38\log(q_t/\sigma'_{v0})) - 13e^{-0,055*z} + 1,5$$

GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

K_0



Lunne i inni (1997)

GBI:

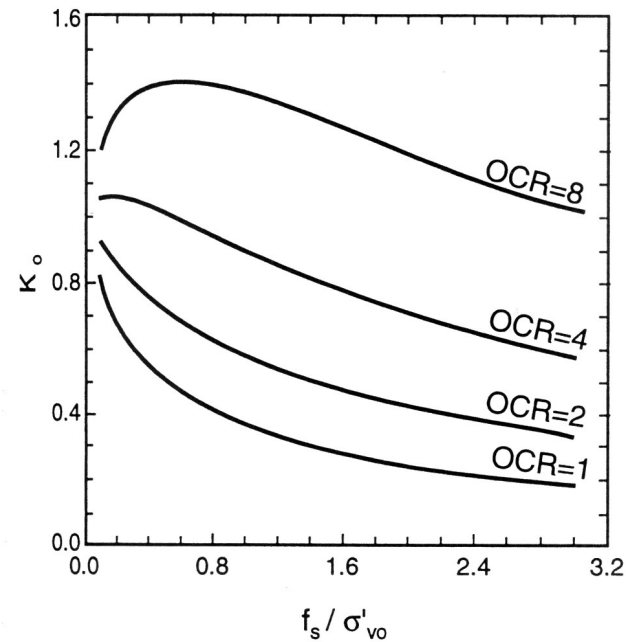
BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

K_0



Massad i Mitchell (1993)

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

K_0

- $K_0 = 0,428 \cdot OCR^{0,414}$

Mayne i Kulhawy (1994)

- $\sigma'_{h0} = 1,33q_t^{0,22} \sigma'_{v0} \cdot OCR^{0,27}$

Mayne (1995)

- $K_0 = 3,45 + 0,00215Q_t + 3,1814f_s - 0,342 \frac{f_{Pr}}{f_{Ps}} + 0,088\phi + 1,486I_D$

Wierzbicki (2001,2002)

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

OCR

$$OCR^m = kQ_t$$

(Worth 1984)



$$OCR = 0,33Q_t$$

(Mayne 1995)

$$OCR = 0,49 + 1,5$$

(Sully i inni 1988)

PPD

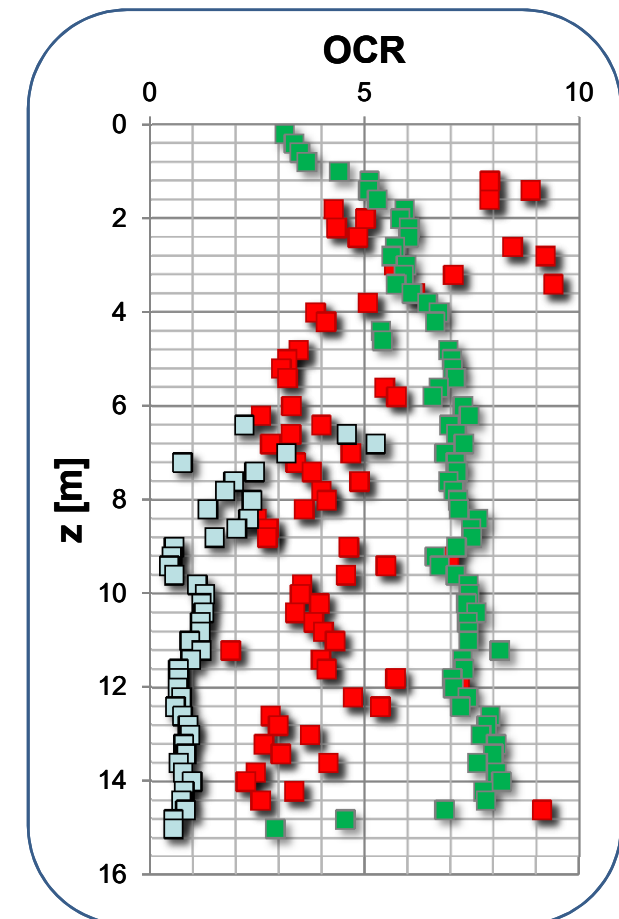
$$\frac{u_1 - u_2}{u_0}$$

$$OCR = 2$$

$$\left[\frac{3(q_t - u_2)}{(1,95M+1)(\sigma'_{v0}(1+2K_0))} \right]^{1,33}$$

1,33

(Tumay i inni 1995)



GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

OCR

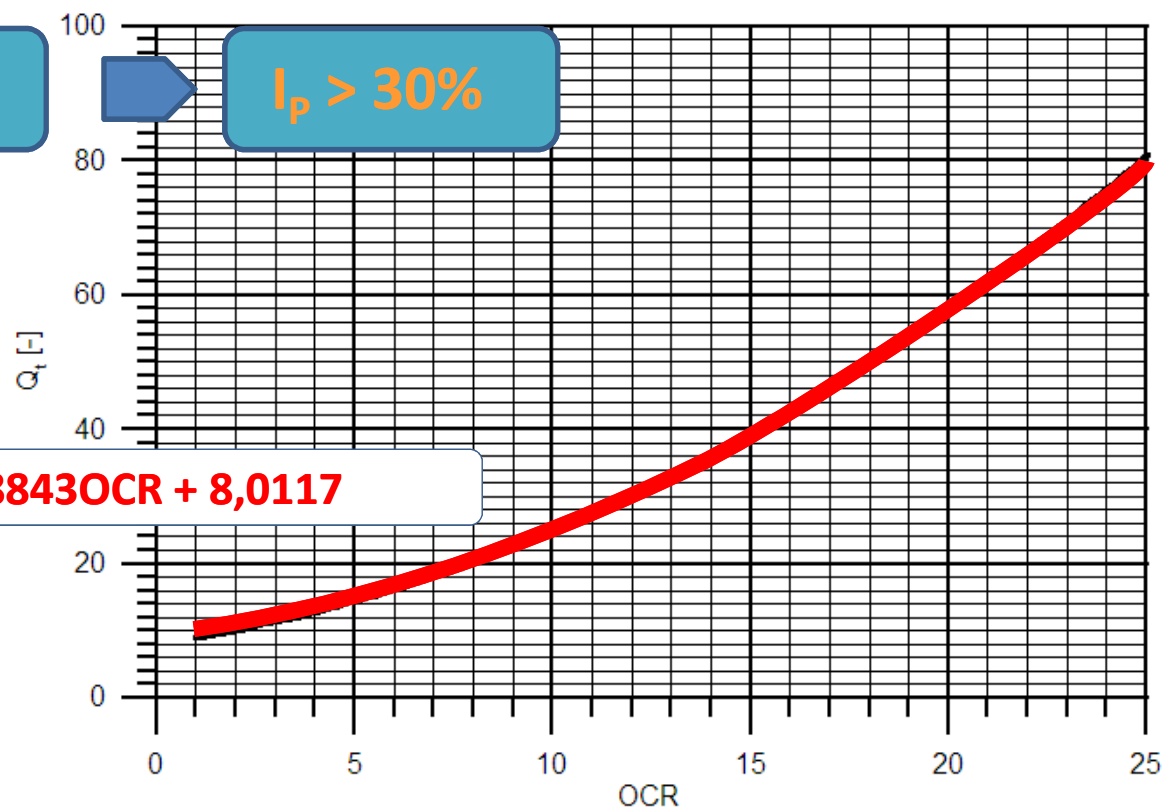
CPTU

Q_t

$I_p > 30\%$

$$Q_t = 0,0806 \cdot OCR^2 + 0,8843OCR + 8,0117$$

(Wierzbicki 2010)



GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

OCR

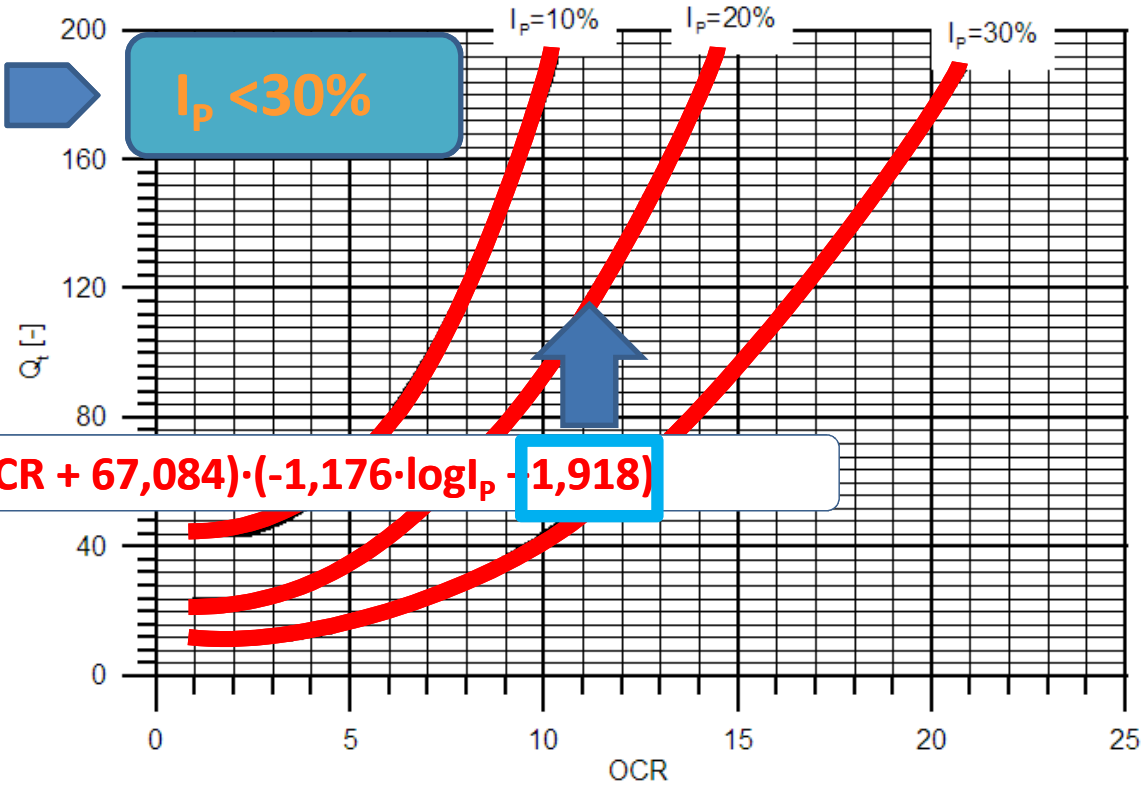
CPTU



Q_t



I_p < 30%



$$Q_t = (2,706 \cdot OCR^2 - 9,365 \cdot OCR + 67,084) \cdot (-1,176 \cdot \log I_p - 1,918)$$

(Wierzbicki 2010)

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ
(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

INTERPRETACJA

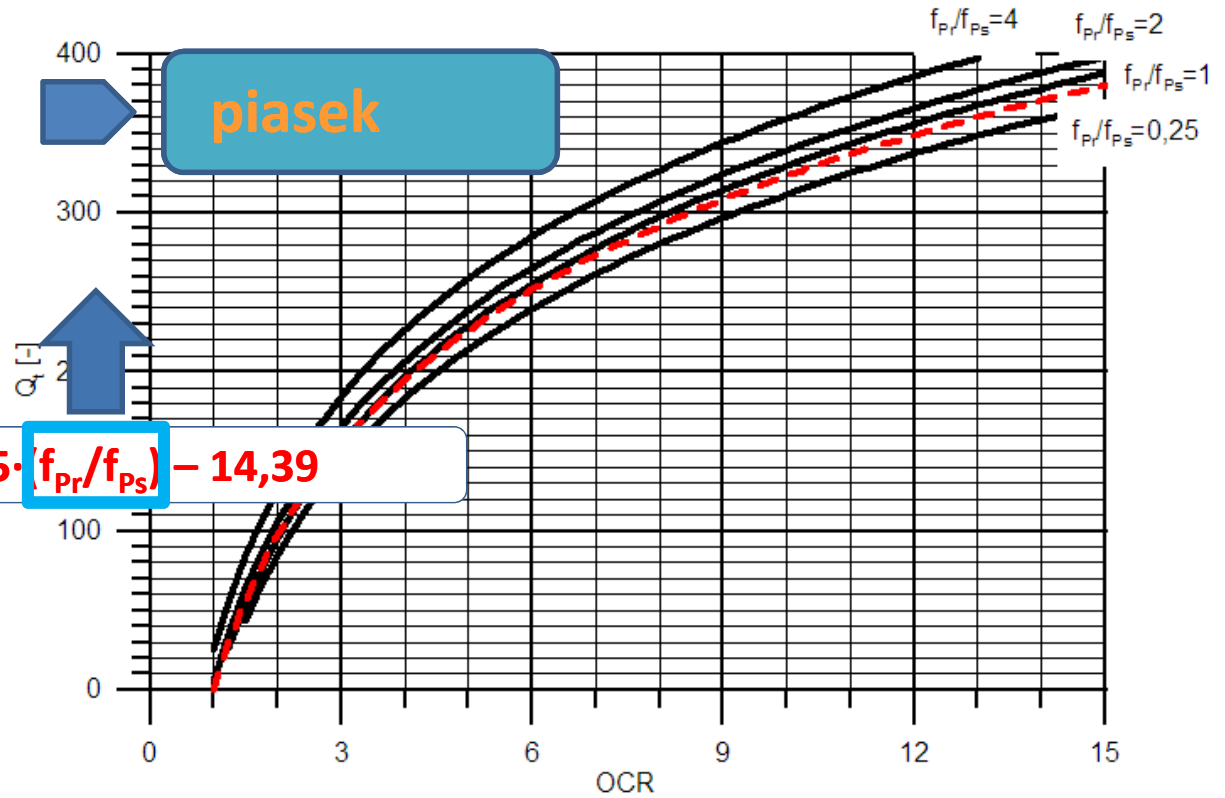
OCR

CPTU



Q_t

piasek



$$Q_t = 144,98 \cdot \log OCR + 9,95 \cdot (f_{pr}/f_{ps}) - 14,39$$

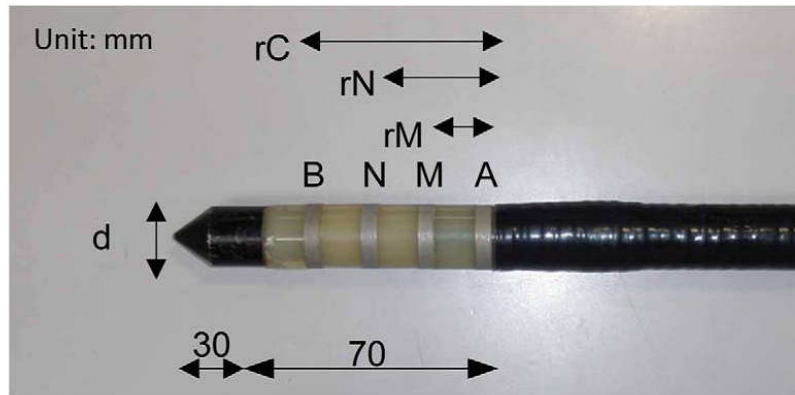
(Wierzbicki 2010)

GBI: **BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ**

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

DODATKI

Resistivity Penetration Test



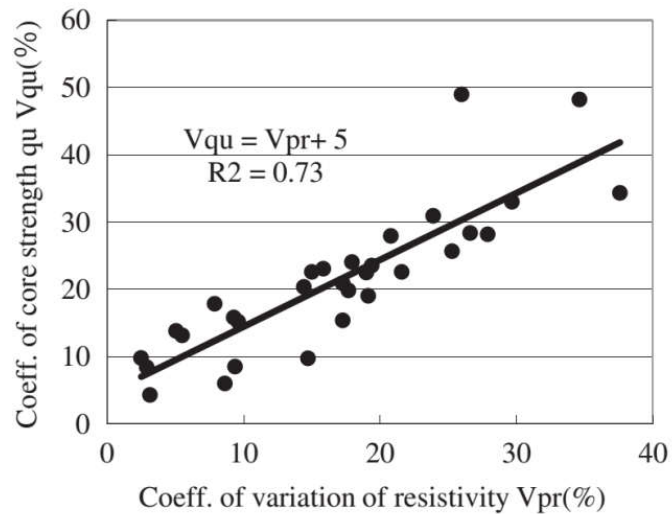
Arai i inni - 2012



GBI: BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

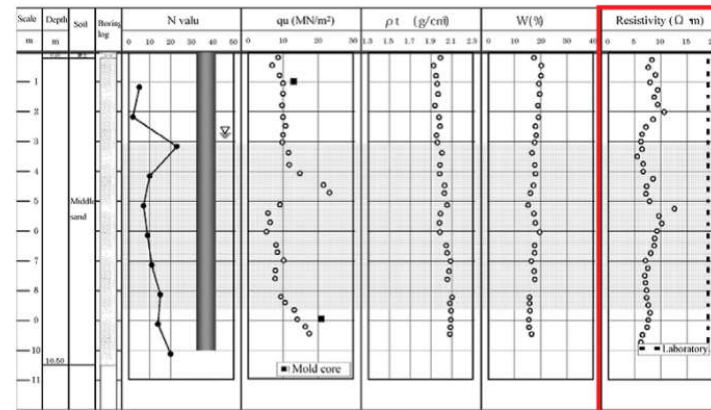
BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

DODATKI

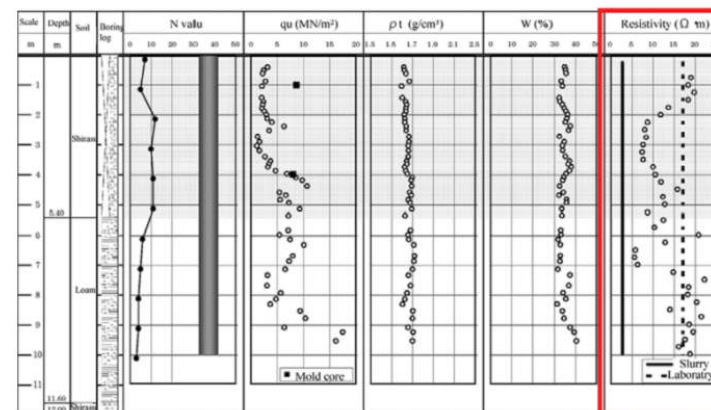


Arai i inni - 2012

Resistivity Penetration Test



(a)



(b)

GBI:

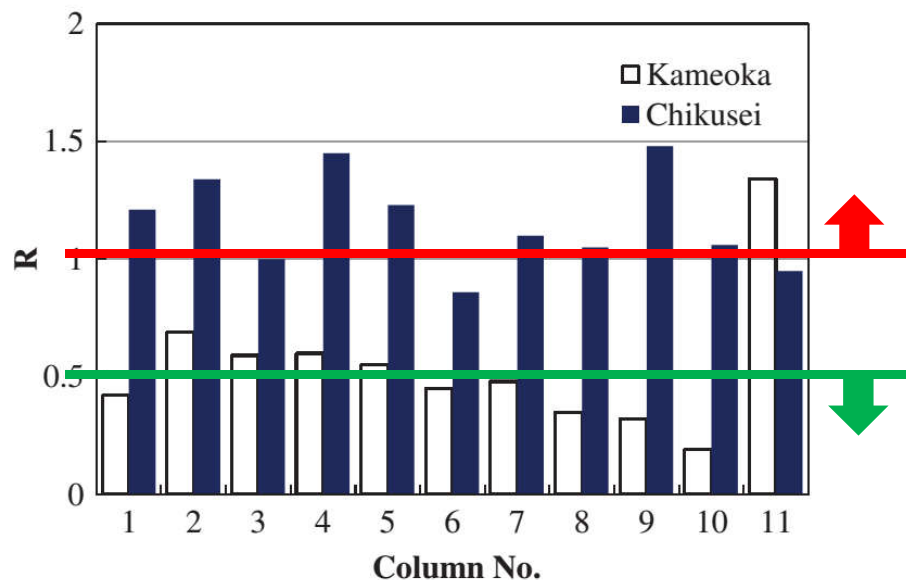
BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

DODATKI

Resistivity Penetration Test



$$R = \sigma_{\rho(\text{kolumny})} / \sigma_{\rho(\text{gruntu})}$$

Arai i inni - 2012

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

DODATKI

T-bar



Ball
penetrometer



10 cm

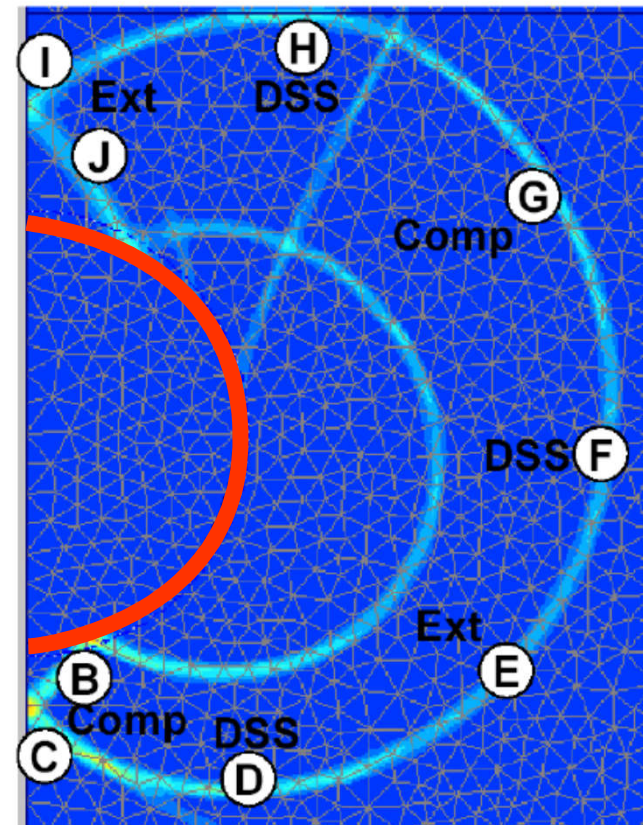
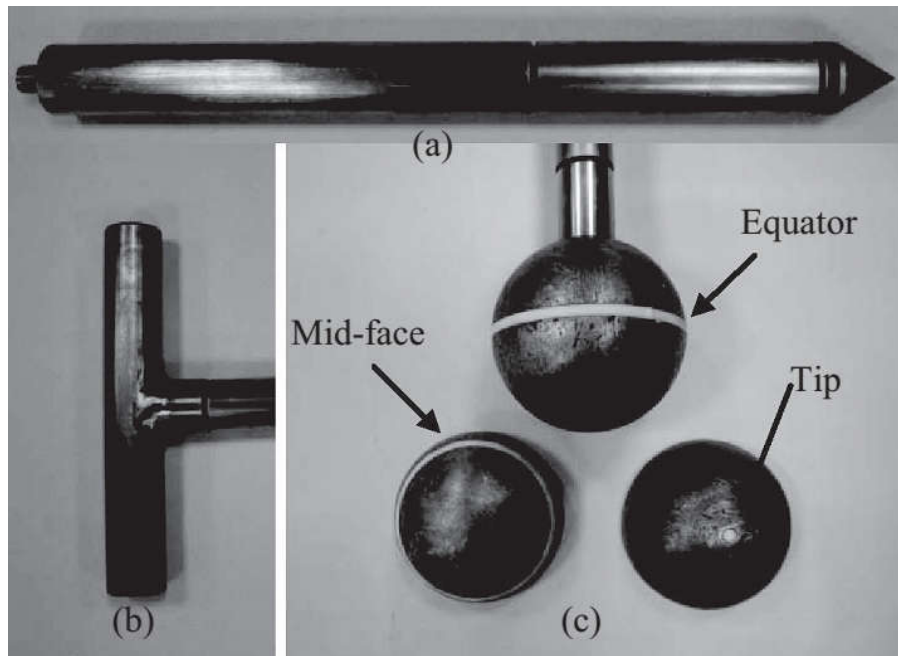
GBI: **BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ**

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ (ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

DODATKI

T-bar

Ball
penetrometer



(za Andresen 2006)

GBI:

BADANIA PENETRACJI STATYCZNEJ

BADANIE SONDĄ STATYCZNĄ

(ELECTRICAL CONE & PIEZOCONE PENETRATION TEST – CPT,CPTU)

DODATKI

T-bar

Ball
penetrometer

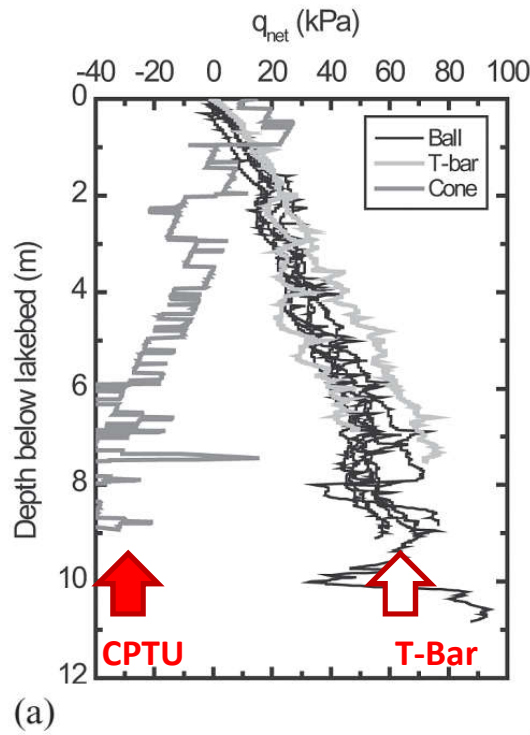
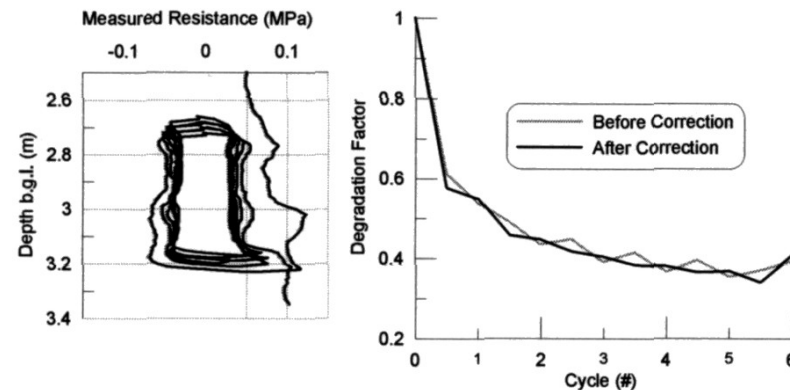


Table 1. Summary of N Factors

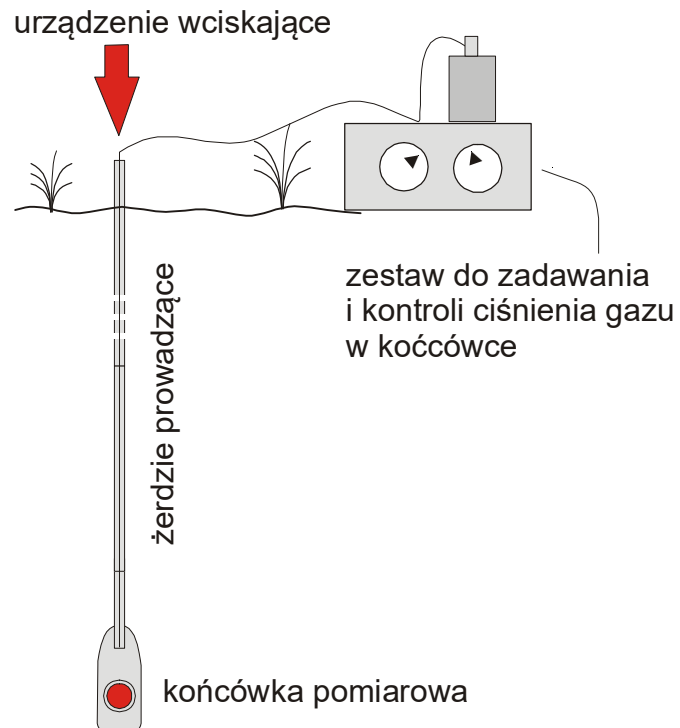
Site	N Factor	Range	Mean	Std. Dev.
Limerick	N_{kt}	9.96 - 15.49	12.73	3.91
	N_{Ball}	7.59 - 11.95	8.92	2.03
	N_{Tbar}	7.8 - 11.03	9.58	1.68
	$N_{\Delta u}$	1.94 - 2.23	2.09	0.21
	$N_{\Delta u Ball}$	1.3 - 1.84	1.57	0.38
Loughrea	N_{kt}	5.77 - 12.47	9.78	3.54
	N_{Ball}	5.35 - 9.45	7.68	1.17
	N_{Tbar}	9.12 - 13.6	10.61	1.56
	$N_{\Delta u}$	0.67 - 3.18	2.26	1.12
	$N_{\Delta u Ball}$	1.01 - 1.61	1.20	0.33
Tuam	N_{Tbar}	10.84 - 13.29	12.21	1.25



(Boylan & Long 2007)

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

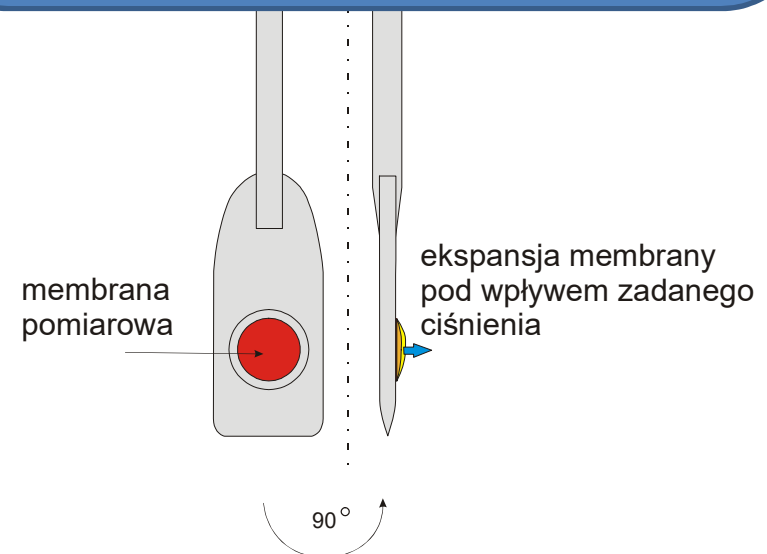
BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)



- **1980 - USA & Europa**

Marchetti, S. (1980). "In Situ Tests by Flat Dilatometer",
Marchetti, S. & Crapps, D.K. (1981). "Flat Dilatometer
Manual".

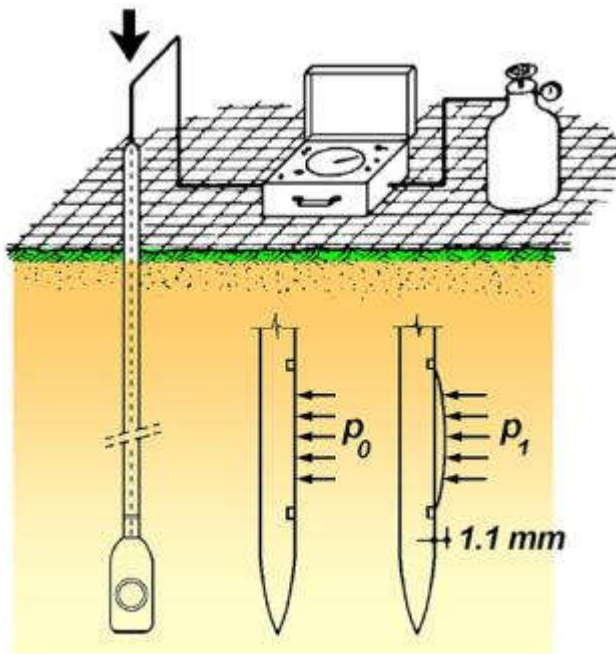
- **2001 – ISSMGE TC-16 test procedure**
- **1994 – Eurocode**
- **2012 – PN-EN ISO 22476-11**



GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

BUDOWA



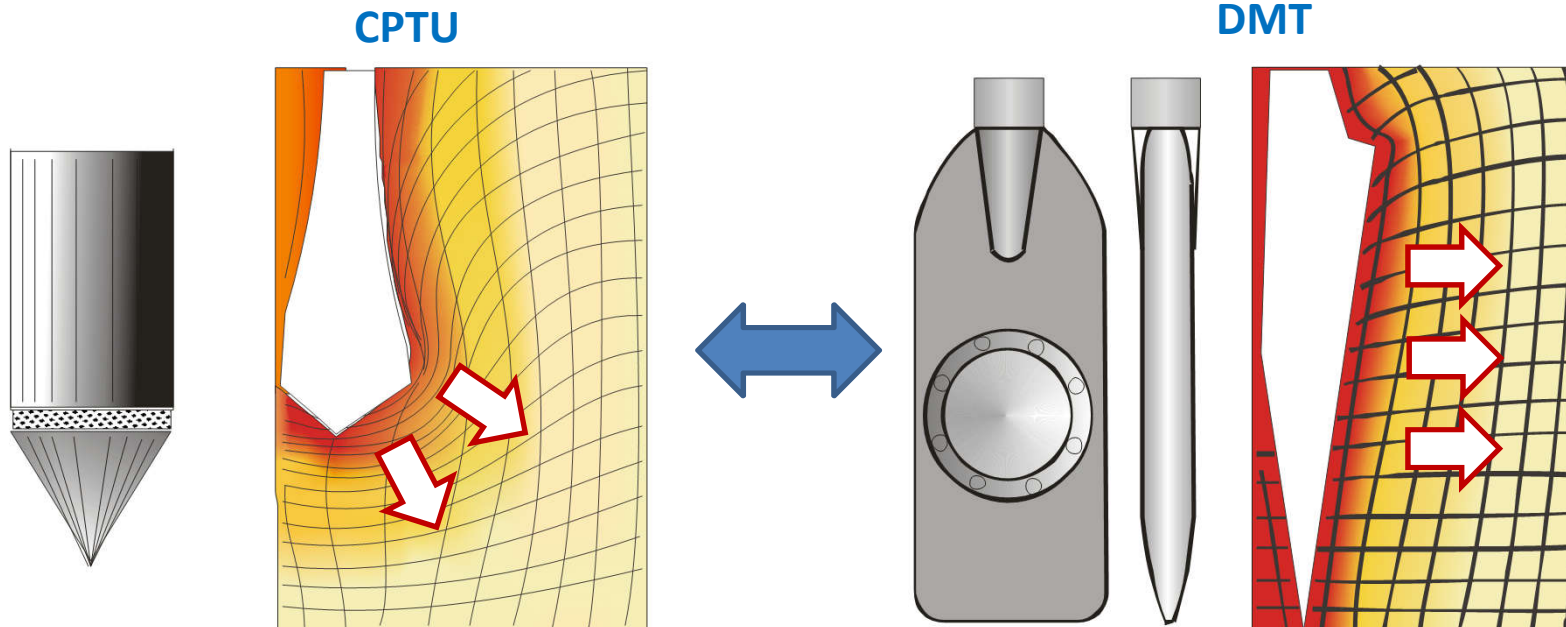
(Report of the ISSMGE, TC-16 2001)



GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

BUDOWA

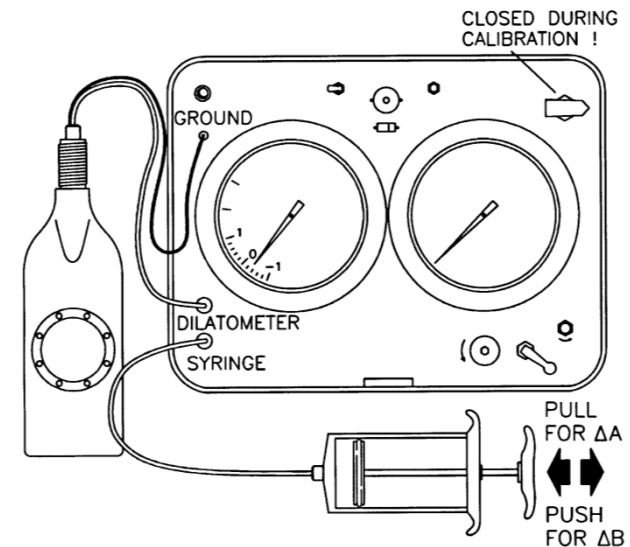
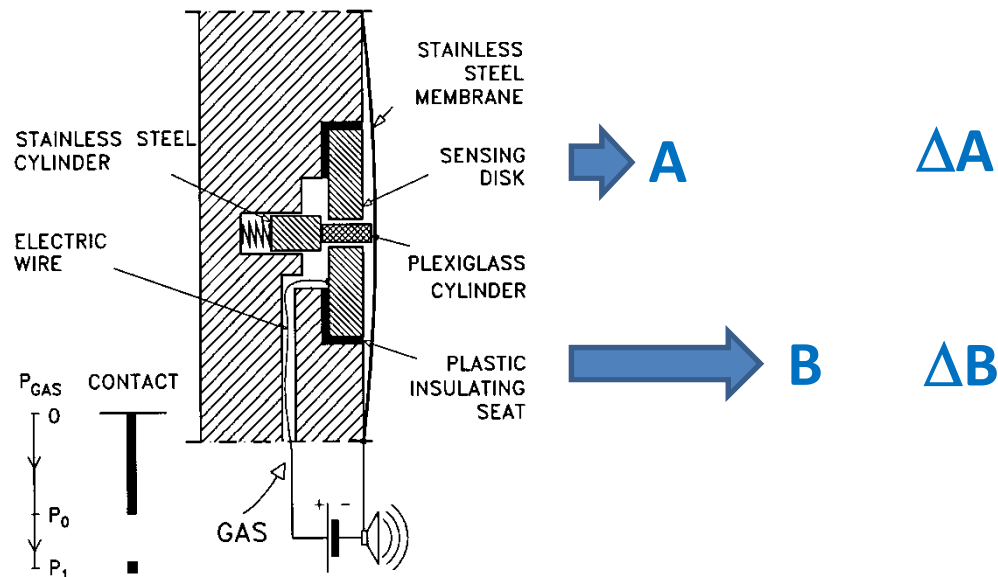


GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

KALIBRACJA

WORKING PRINCIPLE



$\Delta A = 5$ to 30 kPa

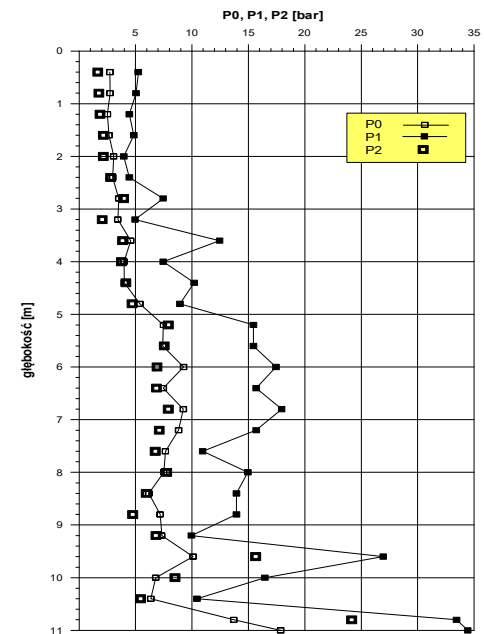
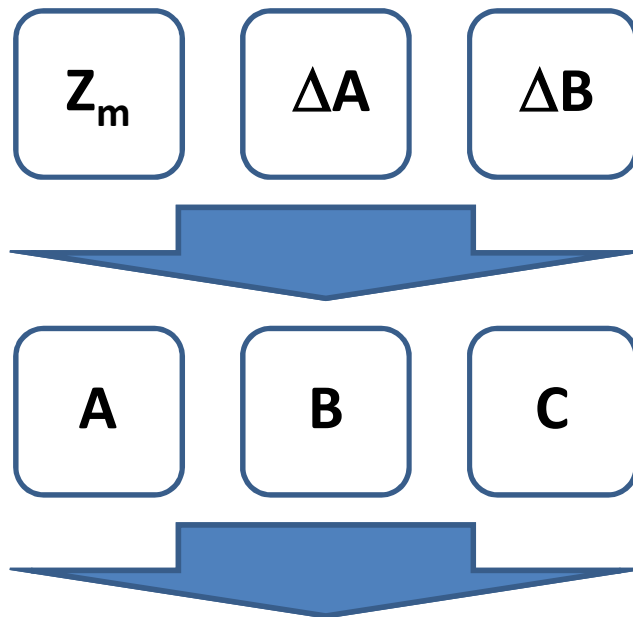
$\Delta B = 5$ to 80 kPa

(Report of the ISSMGE, TC-16 2001)

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

POMIAR



$$p_0 = 1.05 (A - Z_m + \Delta A) - 0.05 (B - Z_m - \Delta B)$$

$$p_1 = B - Z_m - \Delta B$$

GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

POMIAR

Typical: 0.15 0.40

FIRM (max characters no.=32)		BLADE No.	ΔA (bar) 0.05-0.20	ΔB (bar) 0.20-0.80	⁽¹⁾ Δmm	Membrane Aspect ⁽²⁾
CUSTOMER ⁽³²⁾		Start				
JOB ⁽³²⁾		$Z_E =$ ⁽³⁾				
SITE ⁽³²⁾		$Z_E =$				
REMARK ⁽³²⁾		$Z_E =$				
TEST NAME ⁽¹²⁾		DATE ⁽²⁰⁾		⁽¹⁾ Coaxiality error (L square)		
Absol. elev.(optional) _____ m		Z_{water} (necess.) _____ m or <input type="checkbox"/> Z_{final}		⁽²⁾ Elastic, overinflated, wrinkled, snapping, scratched, etc.		
Zero of gauge _____ bar		γ_{top} _____ t/m ³ (default 1.75)		⁽³⁾ Depth reached from extracted blade		
<input type="checkbox"/> Rig	<input type="checkbox"/> Penetrometer	TEST STOPPED BECAUSE	REFUSAL MEMBRANE †	<input type="checkbox"/>	OPERATOR	
Diameter of rod behind the blade _____		Z = Z prefixed		<input type="checkbox"/>	_____	

0	A	B	C	6		12		18		24	
2				2		2		2		2	
4				4		4		4		4	
6				6		6		6		6	
8				8		8		8		8	
1				7		13		19		25	
2				2		2		2		2	
4				4		4		4		4	
6				6		6		6		6	
8				8		8		8		8	
2				8		14		20		26	
2				2		2		2		2	
4				4		4		4		4	
6				6		6		6		6	
8				8		8		8		8	
3				9		15		21		27	
2				2		2		2		2	

GBI:

BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO)
(FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

KOREKTA



$$I_D = (p_1 - p_0) / (p_0 - u_0)$$

$$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$$

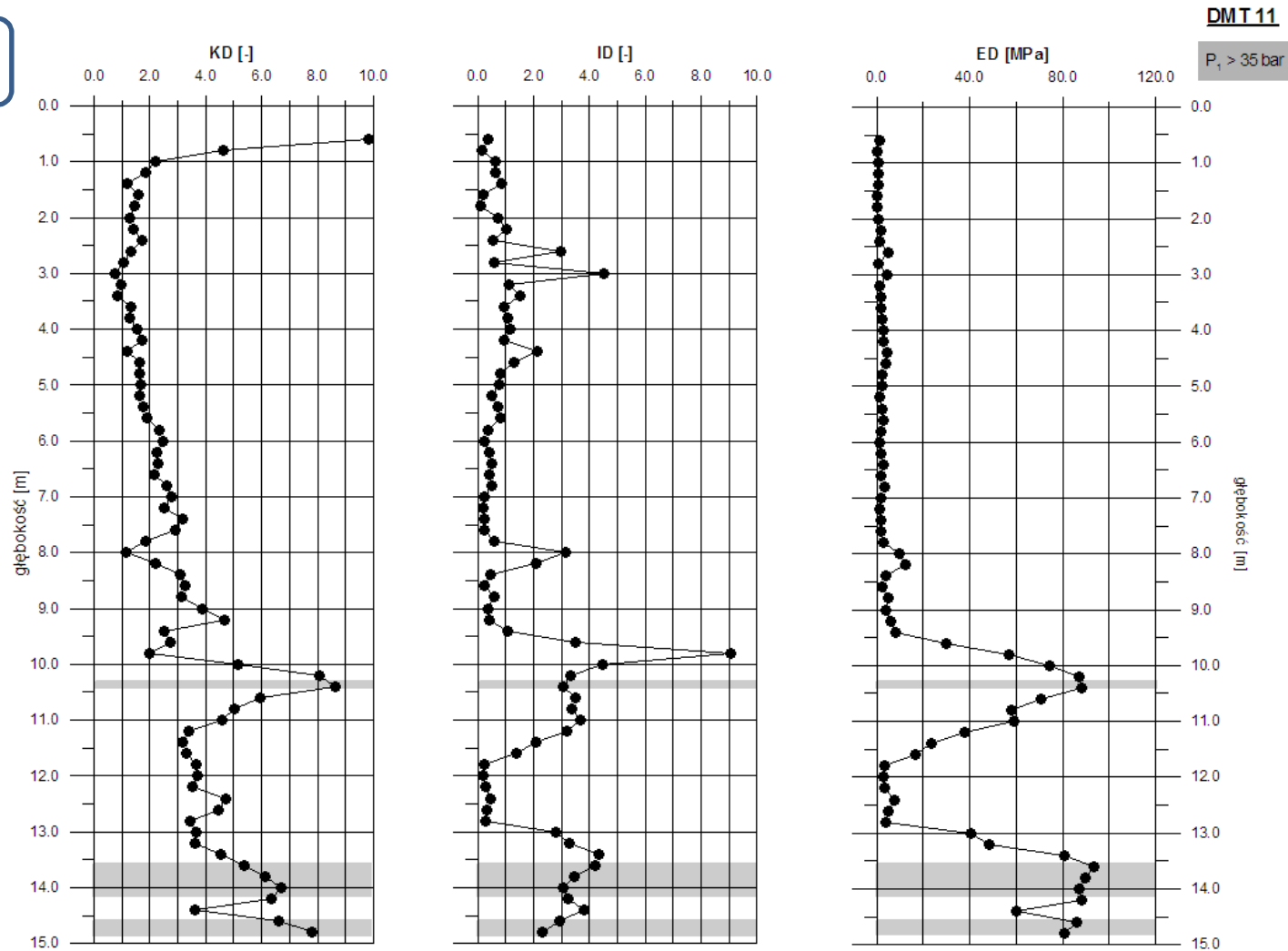
$$E_D = 34.7 (p_1 - p_0)$$

GBI:

BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

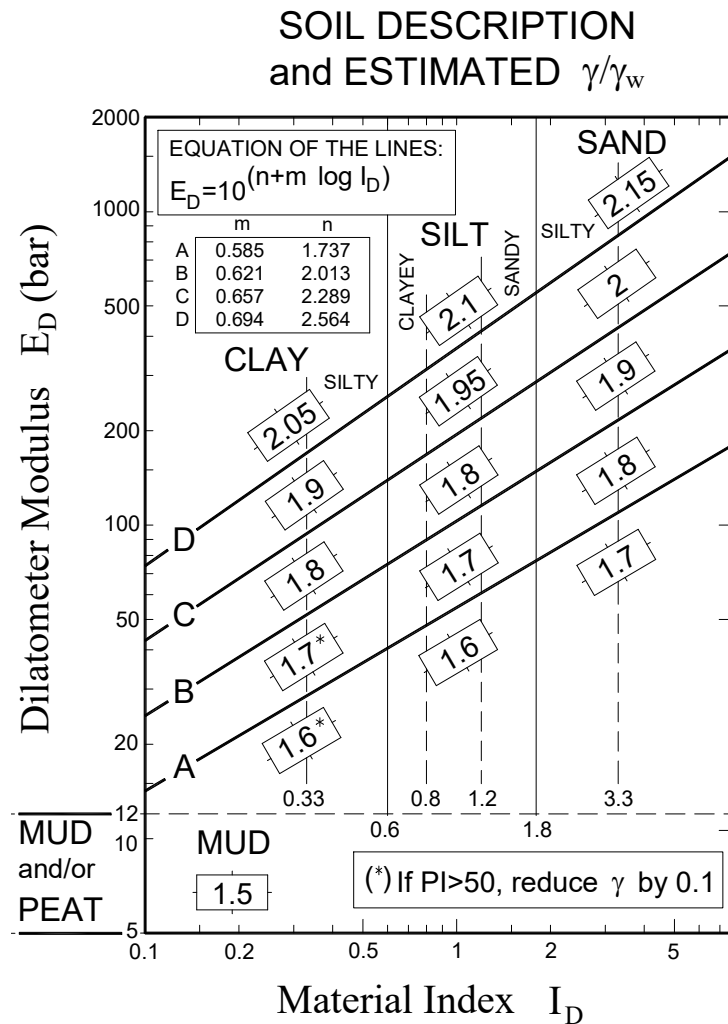
KOREKTA



GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

INTERPRETACJA



(Marchetti & Crapps, 1981)

GBI:

BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

M

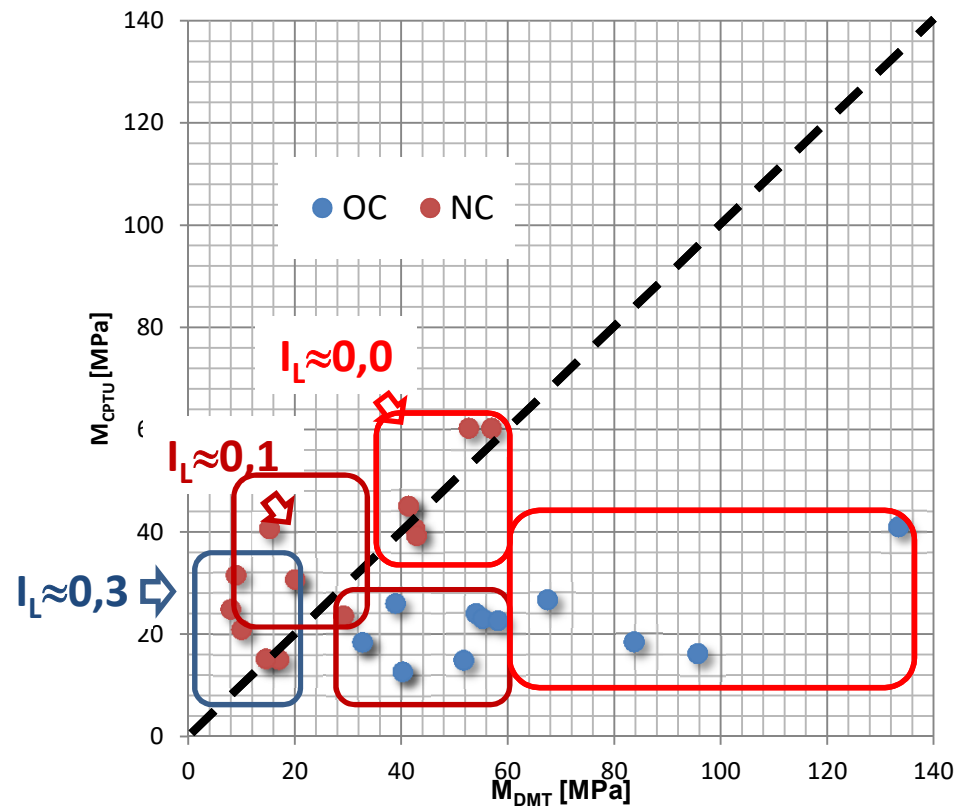
$$M_{DMT} = R_M E_D$$

- $(I_D \leq 0.6)$ $R_M = 0.14 + 2.36 \log K_D$
 - $(I_D \geq 3)$ $R_M = 0.5 + 2 \log K_D$
 - $(0.6 < I_D < 3)$ $R_M = R_{M,0} + (2.5 - R_{M,0}) \log K_D$
gdzie: $R_{M,0} = 0.14 + 0.15(I_D - 0.6)$
-
- $K_D > 10$ $R_M = 0.32 + 2.18 \log K_D$
 - $R_M < 0.85$ $R_M = 0.85$

GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

M

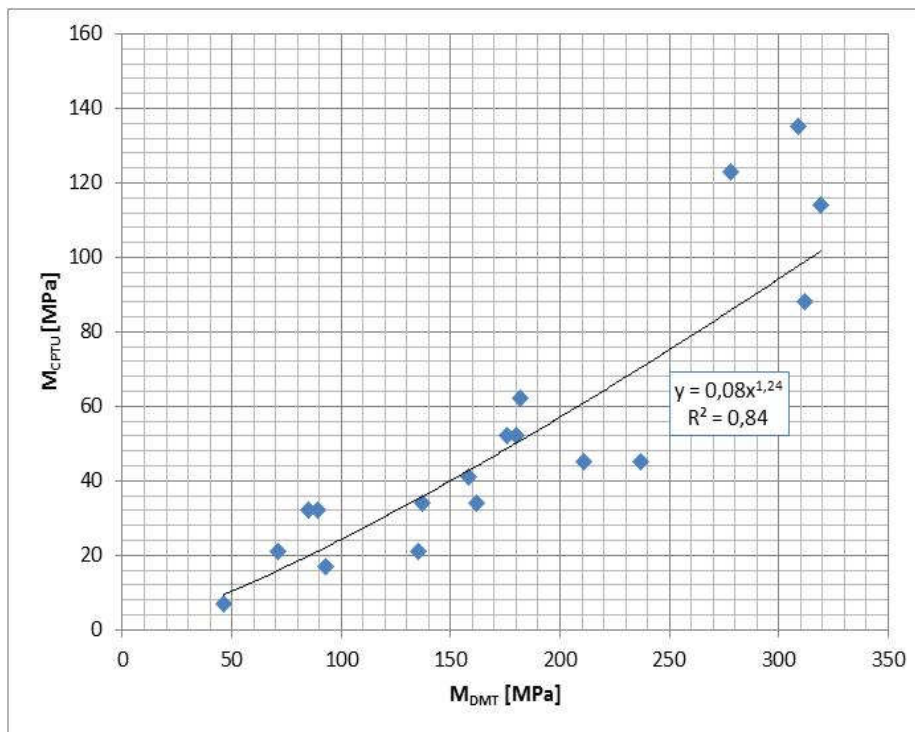


(Z. Młynarek, J. Wierzbicki, T. Lunne 2016)

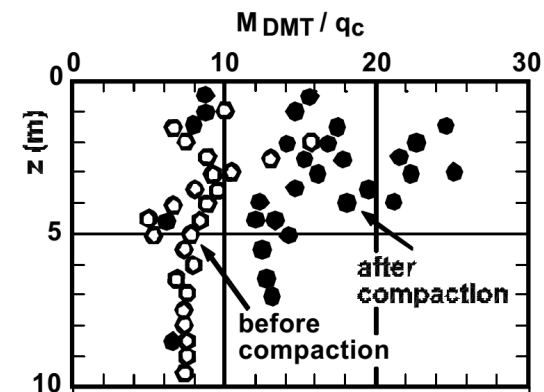
GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

M



(Kumor i inni 2015)



(Jendeby 1992)

GBI:

BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

s_u

$$s_{u,DMT} = 0.22 \sigma'_{v0} (0.5 K_D)^{1.25}$$

Marchetti 1980

$$s_{u,DMT} = (p_1 - I_D) / 9$$

Larsson & Eskilson 1989

$$s_{u,DMT} = 0,682 \sigma'_{v0}{}^{0,109} (p_1 - u_0)^{0,587}$$

Rabarijoelly 1998

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

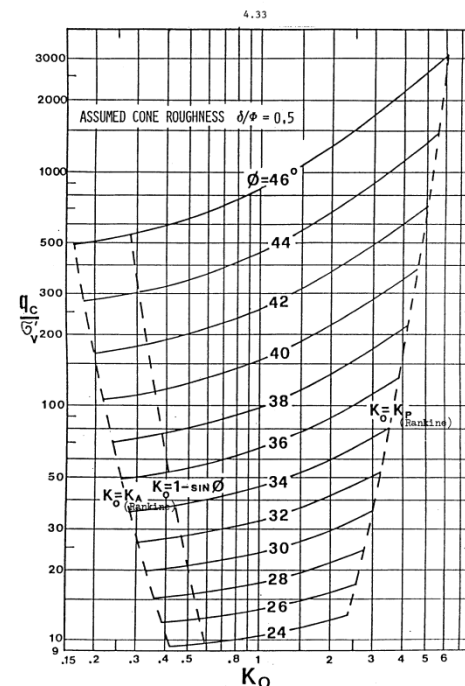
ϕ

$$\varphi_{\text{safe,DMT}} = 28 + 14.6 \log K_D - 2.1 \log^2 K_D$$

Marchetti 2001

$$\varphi = f(K_0, q_c, \sigma'_{v0})$$

*Marchetti 1985
(Durgunoglu & Mitchell 1975)*



GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

**BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO)
(FLAT DILATOMETER TEST - DMT)**

K_0

$$K_0 = f(K_D)$$



spoiste

$$K_0 = f(K_D, s_u)$$



niespoiste

$$K_0 = f(K_D, \phi')$$

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

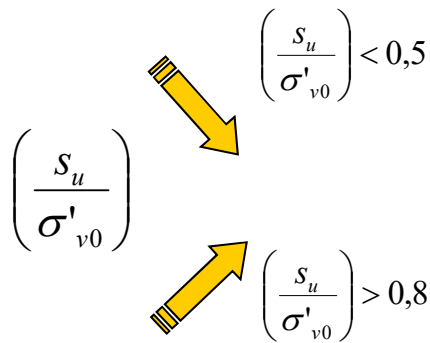
K_0

$$K_0 = \left(\frac{K_D}{1,5} \right)^{0,47} - 0,6$$

Marchetti (1980)

$$K_0 = 0,34 K_D^{0,54} f(I_p)$$

$$K_0 = 0,68 K_D^{0,54}$$



Lunne i inni (1990)

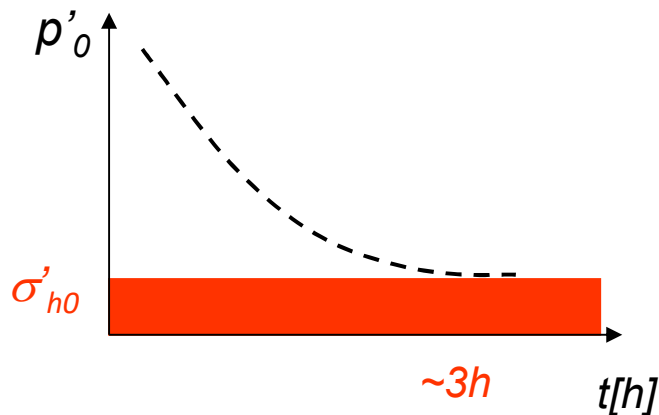
GBI:

BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO)
(FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

K_0

$$K_0 = K_{D(t)} = \frac{(p_{0(t)} - u_0)}{\sigma'_{v0}}$$



Lutenegger (2006)

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

K_0

$$K_0 = \left(\frac{K_D}{1,5} \right)^{0,47} - 0,6$$

Marchetti (1980)

$$K_0 = \frac{40 + 23K_D - 86K_D(1 - \sin \varphi'_{ax}) + 152(1 - \sin \varphi'_{ax}) - 717(1 - \sin \varphi'_{ax})^2}{192 - 717(1 - \sin \varphi'_{ax})}$$

Schmertmann (1982)

GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

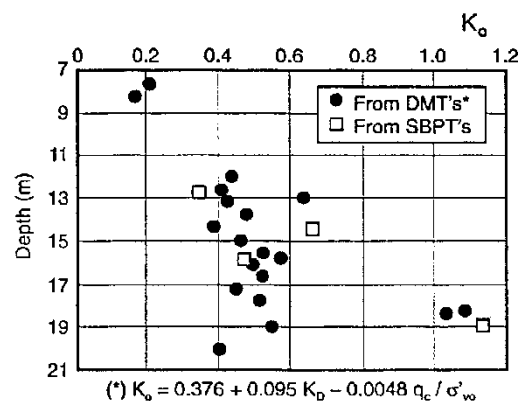
K_0

0,002 ÷ 0,005

Marchetti (1997)

$$K_0 = 0,376 + 0,095K_D - 0,0046 \frac{q_c}{\sigma'_{v0}}$$

Baldi i inni (1986)



Jamiolkowski (1995)

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

OCR

$$OCR = (0,5K_D)^{1,56}$$

Marchetti (1980)

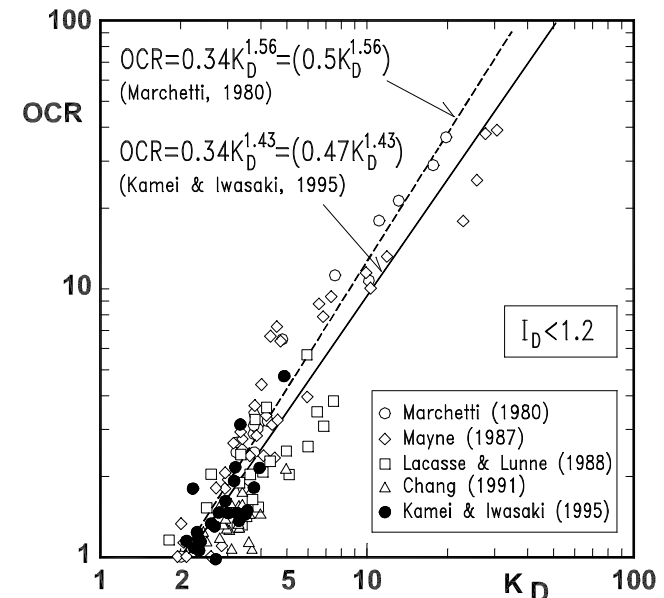
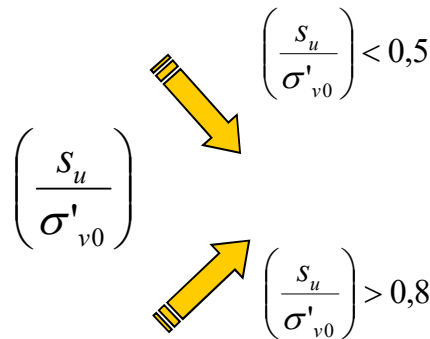
$$OCR = 0,3K_D^{1,17}$$

Lunne i inni (1990)

$$OCR = 2,7K_D^{1,17}$$

$$OCR = 0,66K_D^{1,05}$$

Simonini i inni (2006)



GBI:

BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKIM (MARCHETTIEGO) (FLAT DILATOMETER TEST - DMT)

OCR

$$OCR = \left(\frac{K_0}{1 - \sin \phi'_{ax}} \right)^{\frac{1}{0,8 \sin \phi'_{ax}}}$$

Mayne i Kulhawy (1982)

$$M_{DMT}/q_c = 5-10 - NC$$

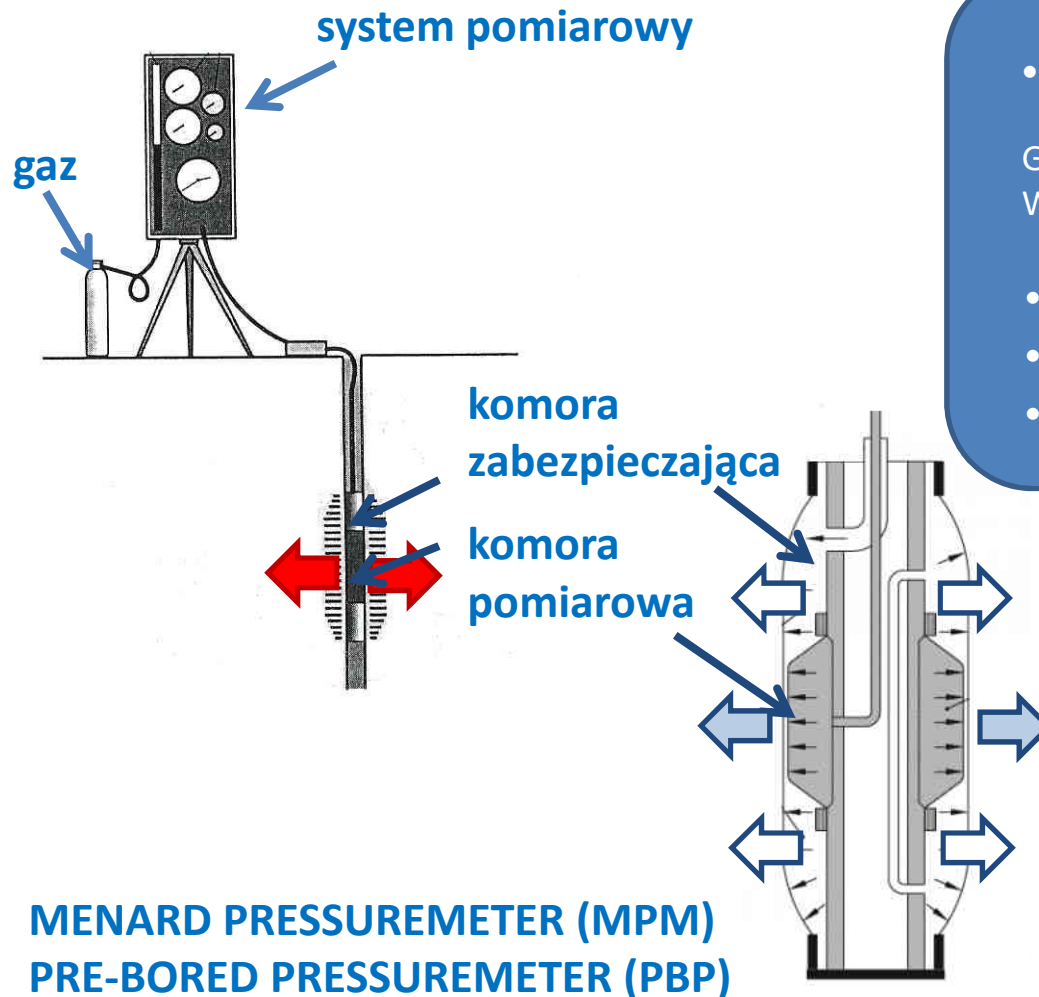
Marchetti i inni (2001)

$$M_{DMT}/q_c = 12-24 - OC$$

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)



- 1955 – Francja- Louis Menard

Gibson & Anderson 1961; Worth i Huges 1973;
Withers i inni 1986; Tarnawski 2007

- ASTM D 4719 (2000)
- 1994 – Eurocode
- 2012 – PN-EN ISO 22476-4 i 6



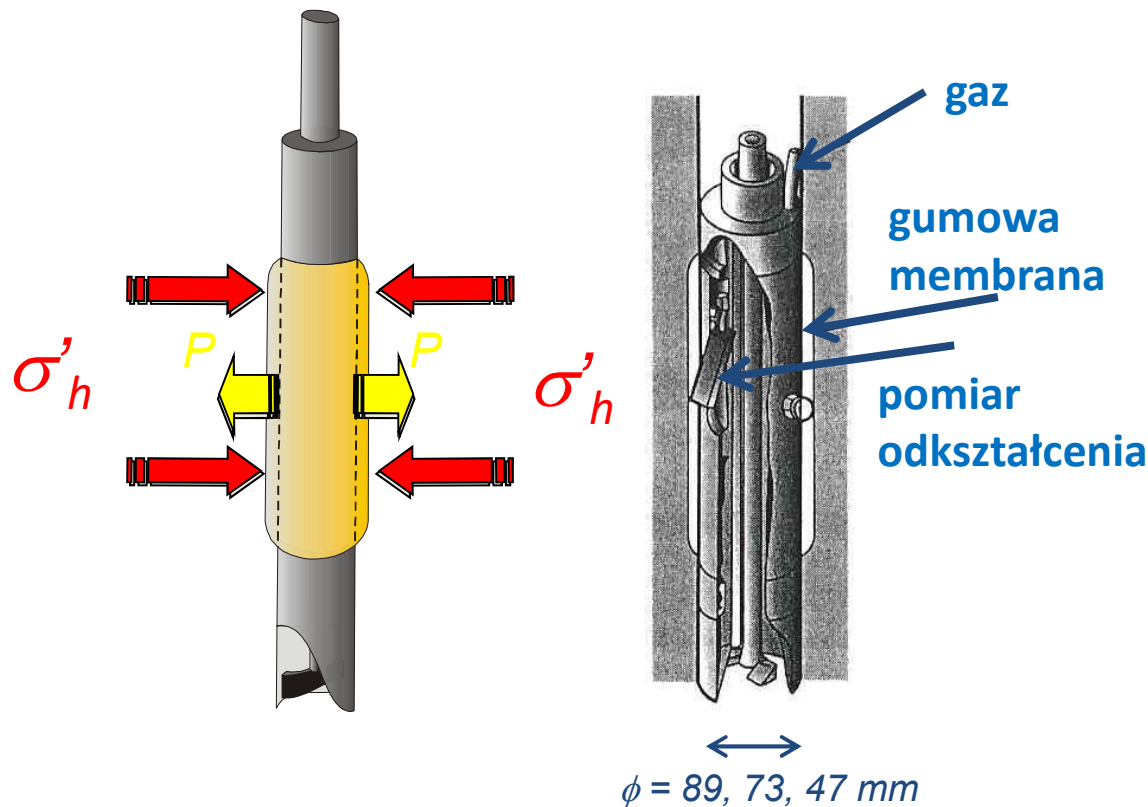
GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

SELF-BORRING PRESSUREMETER (SBP)

Baugelin i inni (1976) & Worth i Hughes (1973)



(za CAMBRIDGE INSITU)



GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

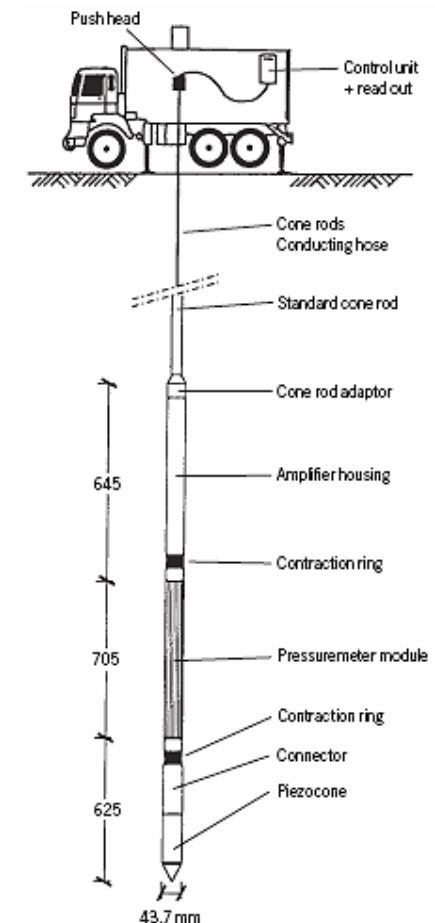
CONE PRESSUREMETER (CPM)

PUSH-IN PRESSUREMETER (PIP)

(Withers i inni 1986)



Powell i Uglow (1995)



GBI:

BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

KALIBRACJA

- kalibracja systemu pomiaru ciśnienia i odkształcenia (okresowo, powtarzalność pętli histerezy);
- badanie zgodności systemów pomiarowych:
 - pomiar objętościowy odkształcenia – kalibracja całego układu ciśnieniowo-pomiarowego,
 - pomiar radialny odkształcenia – kalibracja wzgl. zmiany grubości membrany,
$$1/G_{\text{cor.}} = 1/G_{\text{meas.}} - 1/G_{\text{sys.}}$$

(szczególnie ważna w przypadku podłoża o dużej sztywności, w cylindrze kalibracyjnym)
- kalibracja sztywności membrany (szczególnie ważna w gruntach słabych, maksymalne odkształcenie przy ciśnieniu atmosferycznym).

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

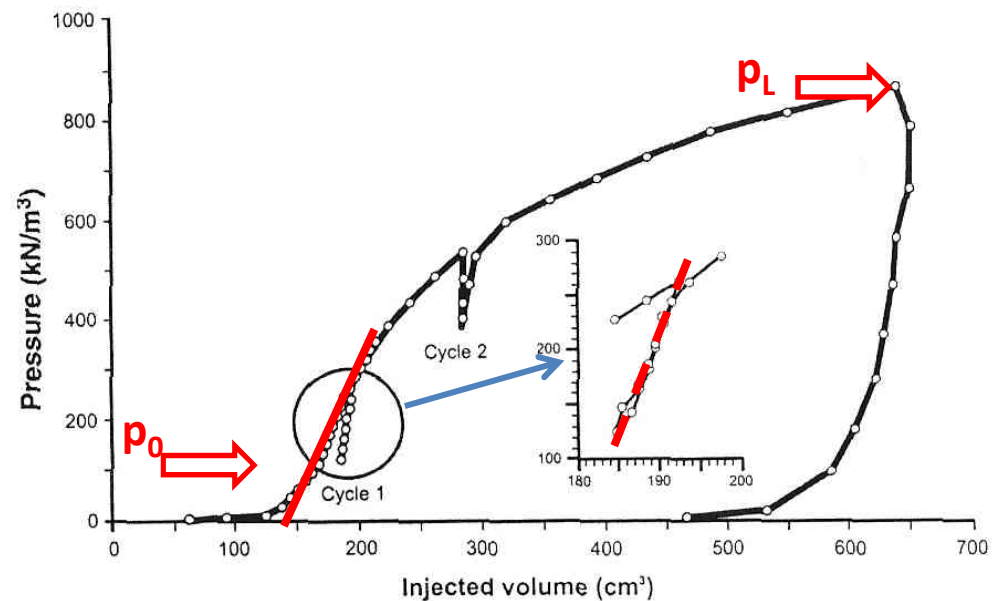
BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

POMIAR

PBP/MPM - „*stress-controlled*” – badanie prowadzone przy stałych interwałach ciśnienia gazu/wody

- ekspansja do 2x objętości pierwotnej
- „skokowy” wzrost ciśnienia co 60s
- pomiar objętości po 15, 30 i 60s
- problemem mała liczba pomiarów w strefie plastycznej



GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

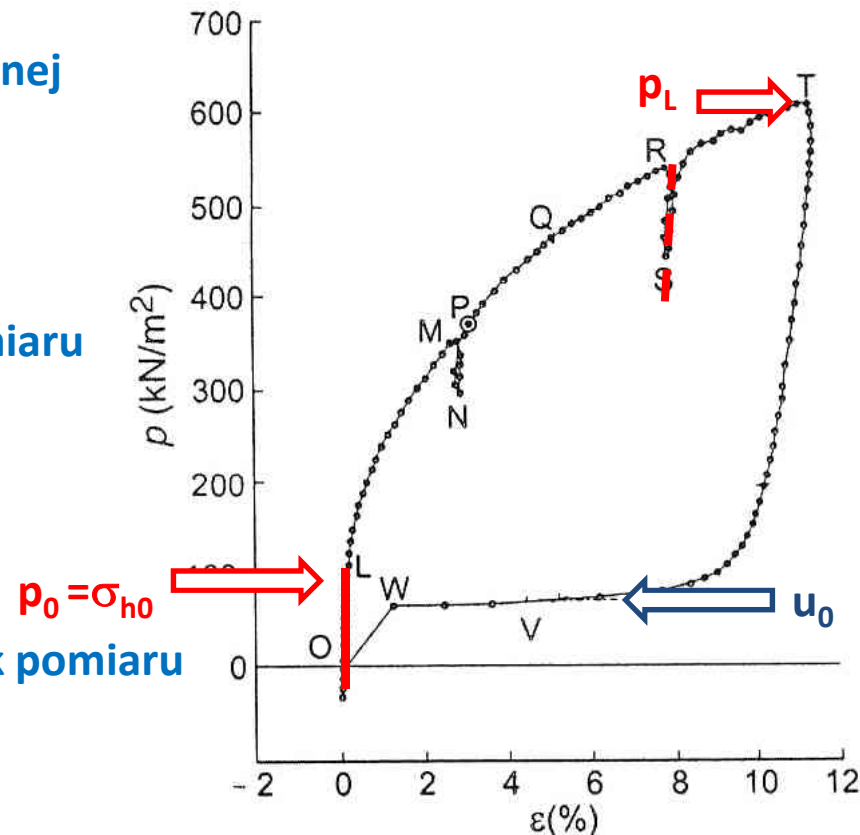
BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

POMIAR

SBP - „*strain-controlled*” – badanie prowadzone przy stałych interwałach odkształcenia radialnego lub „*stress-controlled*”

- ekspansja do 2x objętości pierwotnej
- wzrost ciśnienia do uzyskania odkształcenia
- możliwa łatwa automatyzacja pomiaru
- problemem mała liczba pomiarów w strefie sprężystej
- rozwiązaniem jest łączenie technik pomiaru



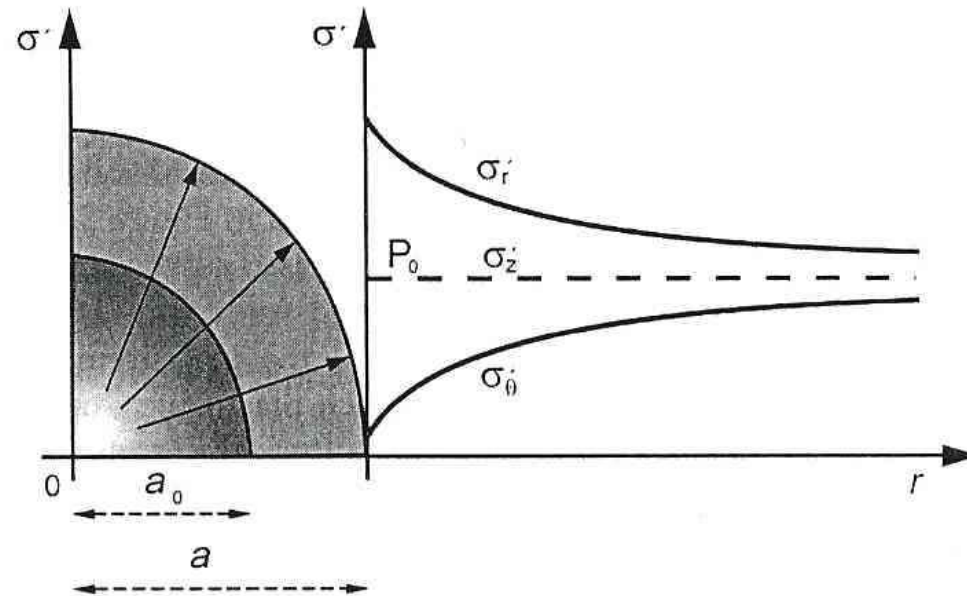
GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

INTERPRETACJA

- teoria sprężystości
- cavity expansion theory (Vesic 1972)



GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

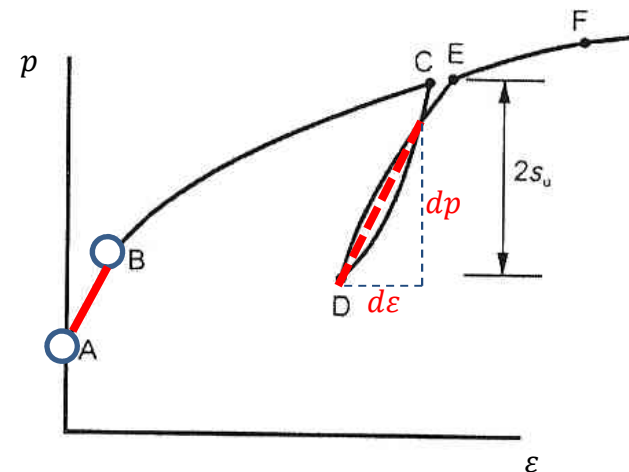
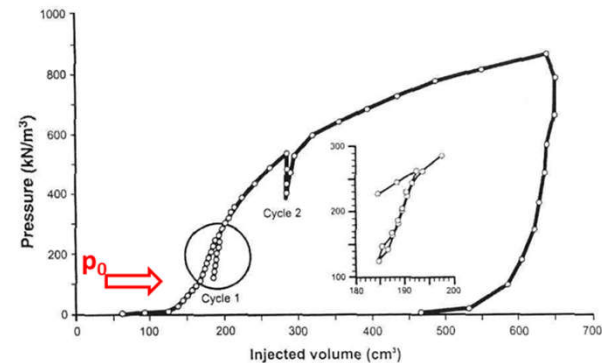
INTERPRETACJA – „clay”

- moduł elastyczności (odkształcenia)

$$E_m = 2(1 + \nu) \left[V_0 + \left(\frac{V_B - V_A}{2} \right) \right] \frac{dp}{dV}$$

- moduł odkształcenia postaciowego

$$G = \frac{1}{2} \frac{dp}{d\varepsilon_c}$$



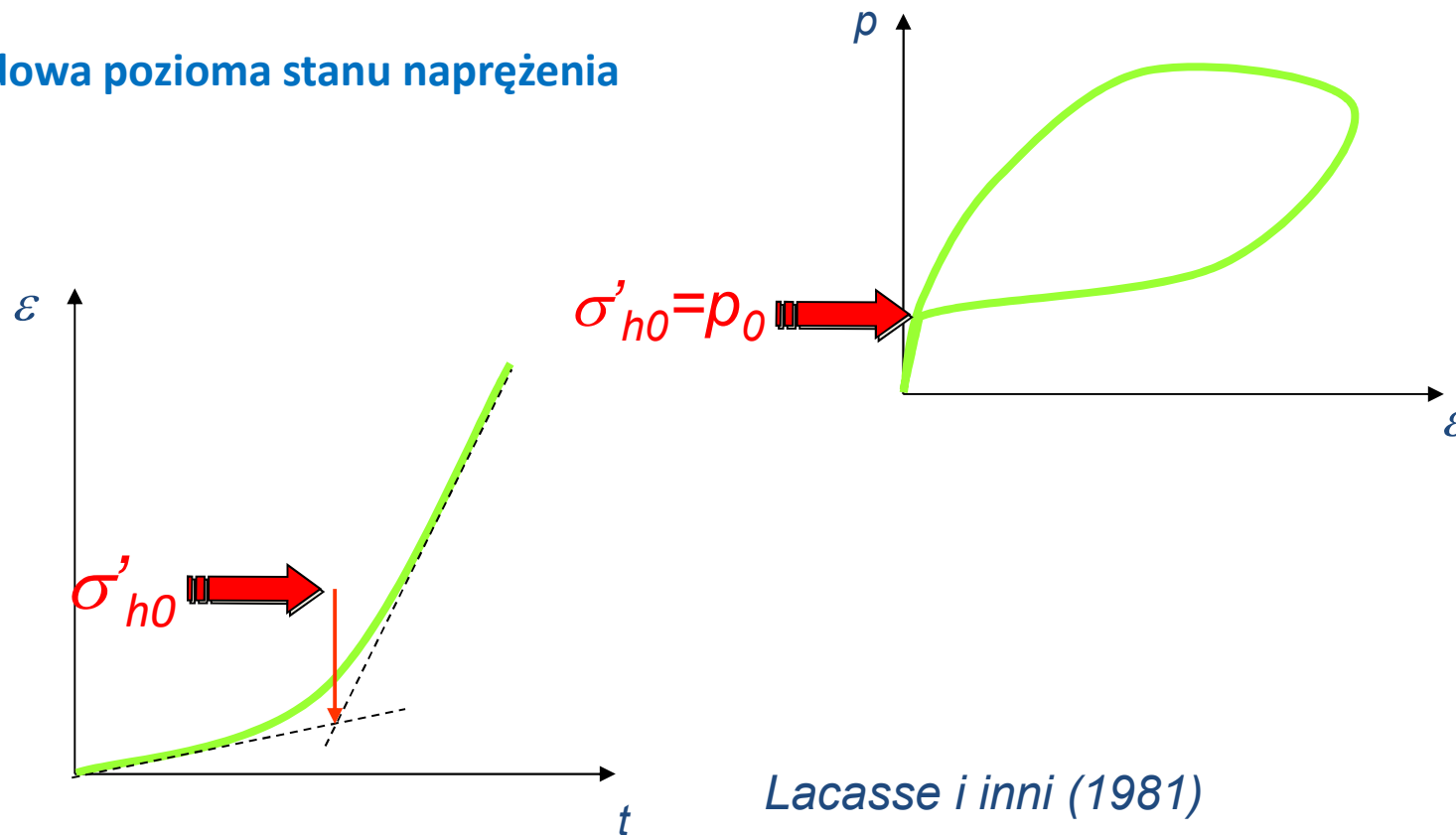
GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

INTERPRETACJA – „clay”

- składowa pozioma stanu naprężenia



Lacasse i inni (1981)

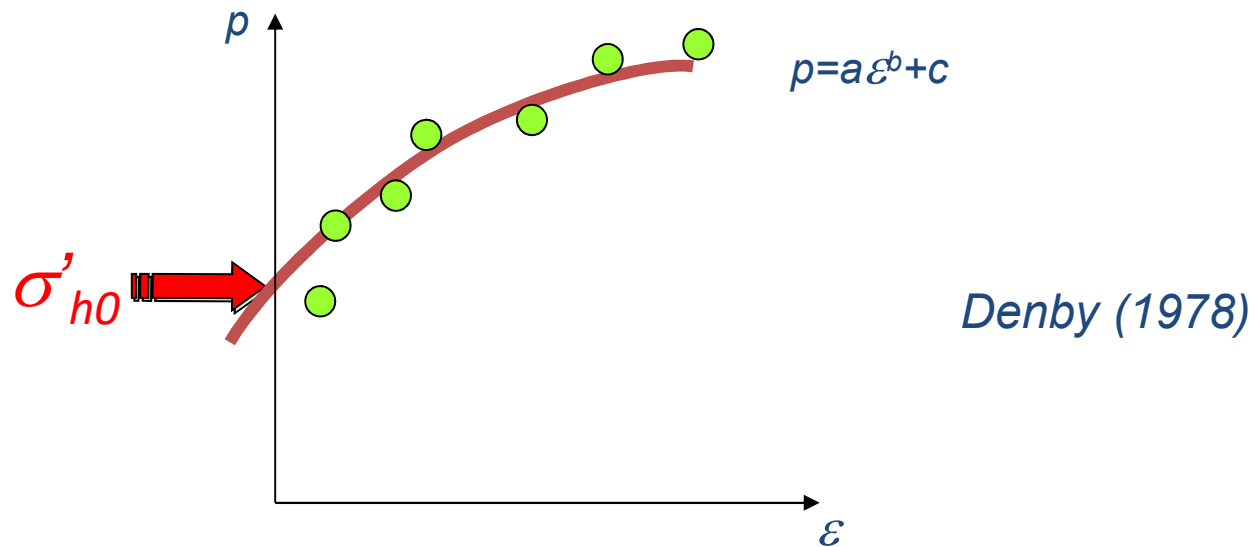
GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

INTERPRETACJA – „clay”

- składowa pozioma stanu naprężenia



GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

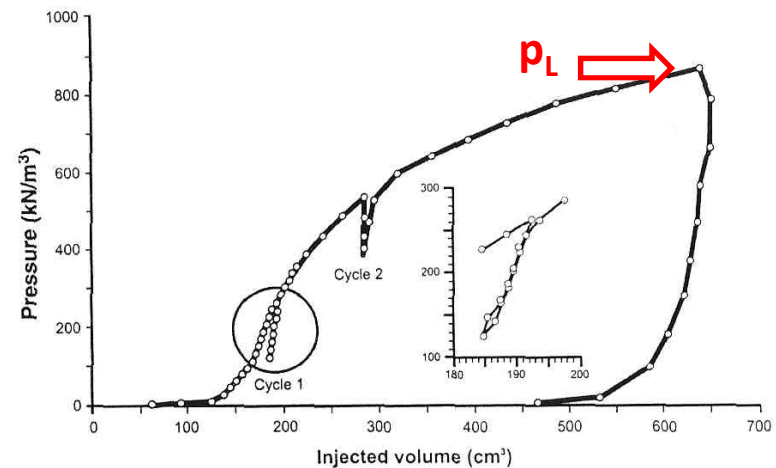
BADANIE PRESJOMETREM (PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

INTERPRETACJA – „clay”

- składowa pozioma stanu naprężenia

$$\sigma_{h0} = p_L - N_p S_u$$

Gibson i Anderson (1961)



GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

INTERPRETACJA – „clay”

- wytrzymałość na ścinanie bez odpływu

$$p = \sigma_{h0} + s_u \left[1 + \ln \frac{G}{s_u} + \ln \frac{\Delta V}{V} \right]$$

Gibson i Anderson (1961)

GBI: **BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”**

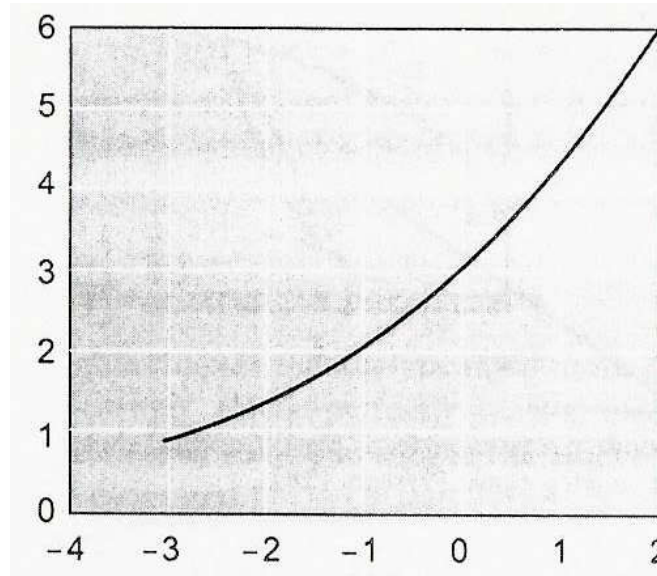
BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

INTERPRETACJA – „clay”

- współczynnik konsolidacji

$$\frac{u_{max}}{s_u}$$



$$\ln \frac{t_5 C_h}{a^2}$$

Randolph & Wood (1979)

GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

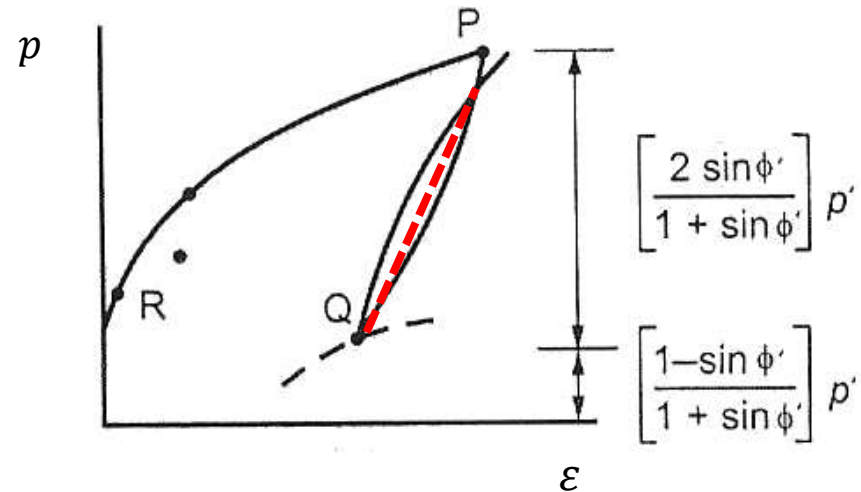
INTERPRETACJA – „sand”

- moduł odkształcenia postaciowego

$$G = \frac{1}{2} \frac{dp}{d\varepsilon_c}$$

Worth (1982)

- składowa pozioma stanu naprężenia



?

GBI: BADANIA „PRESJOMETRYCZNE”

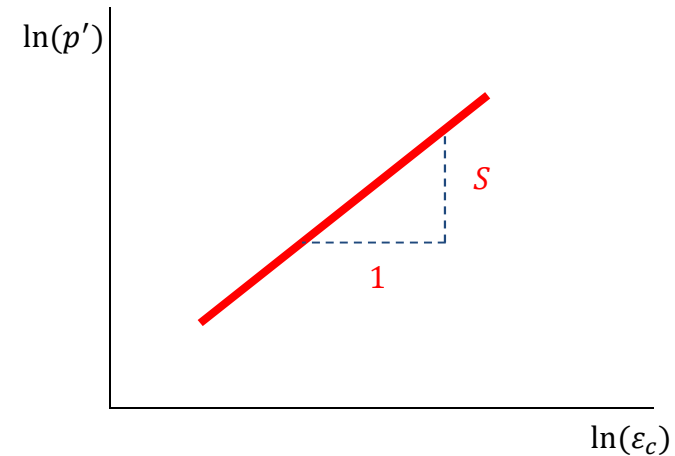
BADANIE PRESJOMETREM

(PRESSUREMETER TEST – PBP/MPM, SBP, CPM/PIP)

INTERPRETACJA – „sand”

- **kąt tarcia wewnętrznego**

$$\sin \varphi' = \frac{S}{1 + (S - 1) \sin \varphi_{cv}'}$$

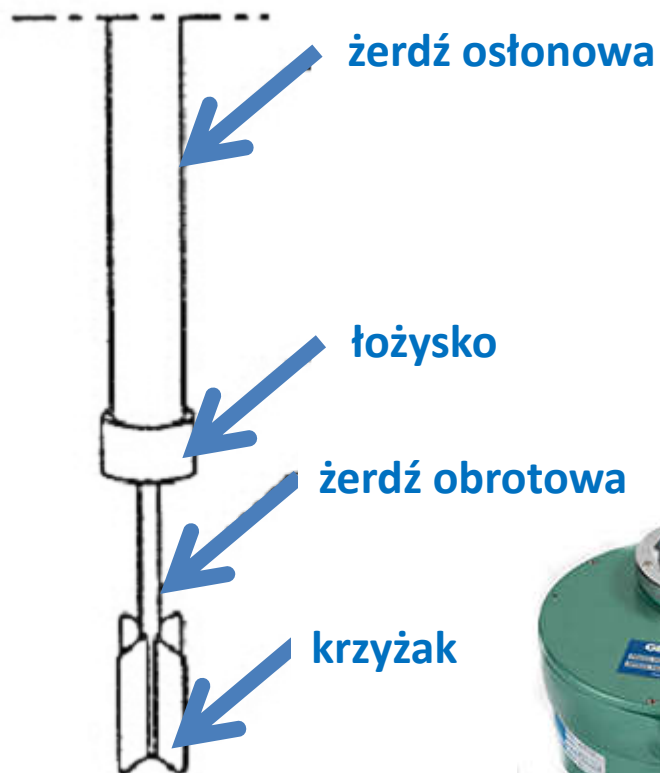


Material	Bolton (1979)	Robertson and Hughes (1986)
	ϕ'_{cv}	ϕ'_{cv}
Dense, well-graded sand or gravel	35°	40°
Uniform medium-dense/coarse sand	32°	34–37°
Dense, sandy silt with some clay	32°	
Fine sand and sandy, silty clay	30°	30–34°
Clay-shale or partings	25°	
Clay (London)	15°	

Hughes (1977)

GBI: **BADANIE SONDA OBROTOWĄ**

BADANIE KRZYŻAKOWĄ SONDĄ OBROTOWĄ (VANE TEST– VT/VST, PSO)



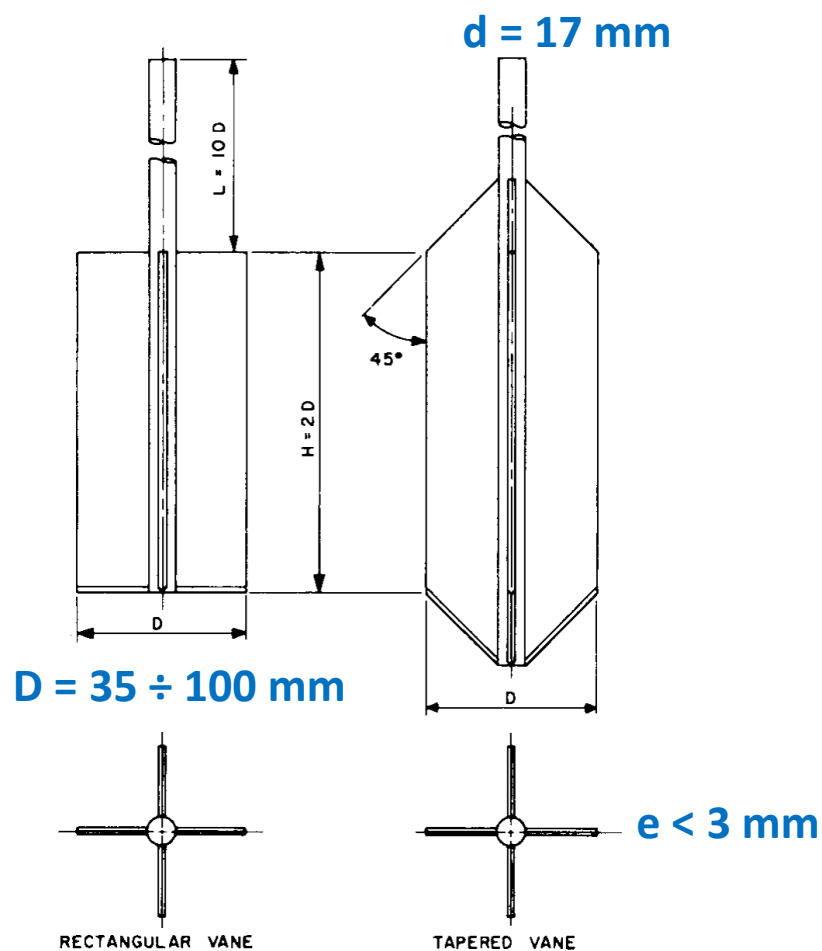
- 1919 – Szwecja – John Olsson
Carlsson 1948, Skempton 1948
- Instrukcja ITB - PSO
- ASTM D 2573-01
- 1994 – Eurocode
- 2012 – PN-EN ISO 22476-9



GBI:

BADANIE SONDA OBROTOWĄ

BADANIE KRZYŻAKOWĄ SONDĄ OBROTOWĄ (VANE TEST– VT/VST, PSO)



- grunty o $s_u < 200 \text{ kPa}$
- dokładność $\pm 1 \text{ kPa}$
- pomiar tarcie żerdzi
- kalibracja
- prędkość = $1^\circ/\text{min}$
- czas $< 5 \text{ min}$ (ew. 20 min)
- co 0,5 m

GBI: BADANIE SONDA OBROTOWĄ

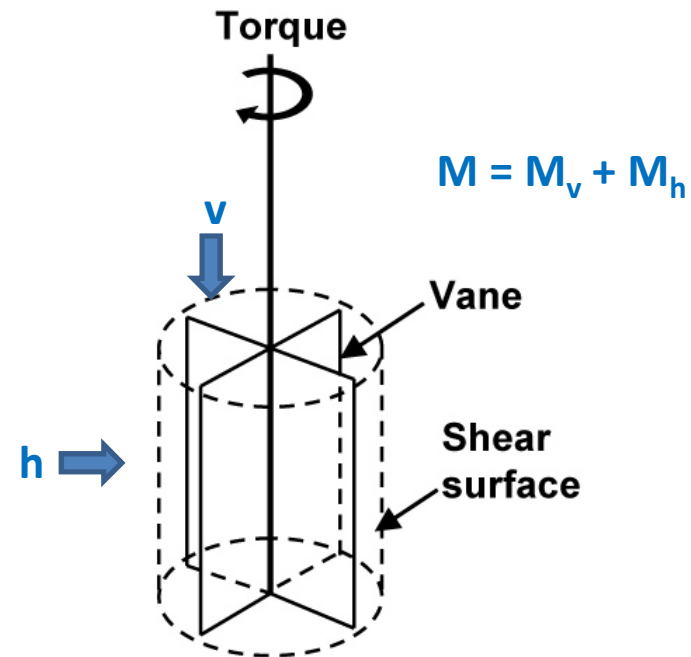
BADANIE KRZYŻAKOWĄ SONDĄ OBROTOWĄ (VANE TEST– FV/VST, PSO)

INTERPRETACJA

$$S_u = \frac{6 M_{max}}{7 \pi D^3} = \tau_f$$

S_{ur} – constant, remoulded

$$S_{T,fv} = \frac{S_{u,fv}}{S_{ur,fv}}$$



$$\frac{2M_{max}}{\pi H D^2} = S_{u,v} + \frac{D}{3H} S_{u,h}$$

GBI: **BADANIE SONDA OBROTOWĄ**

BADANIE KRZYŻAKOWĄ SONDĄ OBROTOWĄ (VANE TEST– FV/VST, PSO)

INTERPRETACJA

$$\frac{2M_{max}}{\pi HD^2} = s_{u,v} + \frac{D}{3H} s_{u,h}$$

$$\frac{2M_{max}}{\pi HD^2} = s_u \left(1 + \frac{D}{3H}\right)$$

$$\frac{2M_{max}}{\left(1 + \frac{D}{3H}\right) \pi HD^2} = s_u$$

$$\left(1 + \frac{D}{3H}\right) \frac{\pi HD^2}{2} = K_{VT}$$

$$s_u = \frac{M_{max}}{K_{VT}} = \tau_f$$

GBI: BADANIE SONDA OBROTOWĄ

BADANIE KRZYŻAKOWĄ SONDĄ OBROTOWĄ (VANE TEST– VT/VST, PSO)

INTERPRETACJA

$$\tau_{mob} = \mu_v \cdot S_{u,fv}$$

$$\mu_v = 1,05 - b\sqrt{PI}$$

$$b = 0,015 + 0,075 \log t_f$$

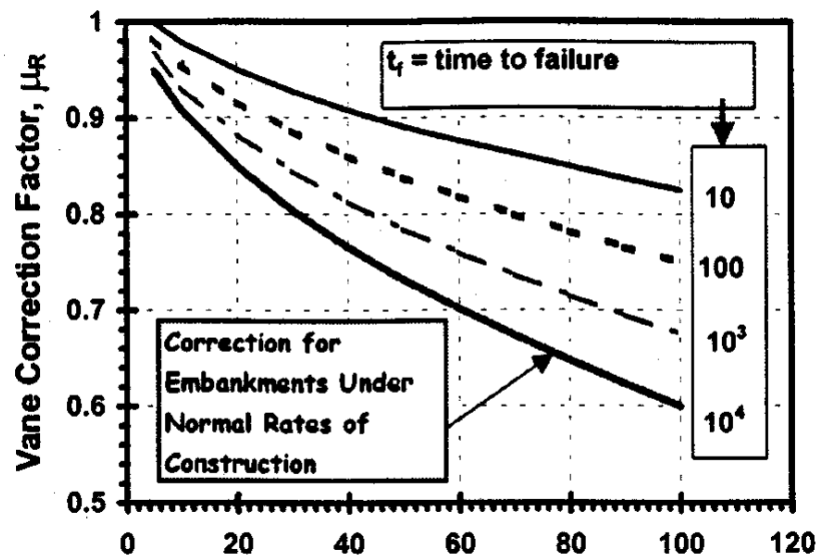


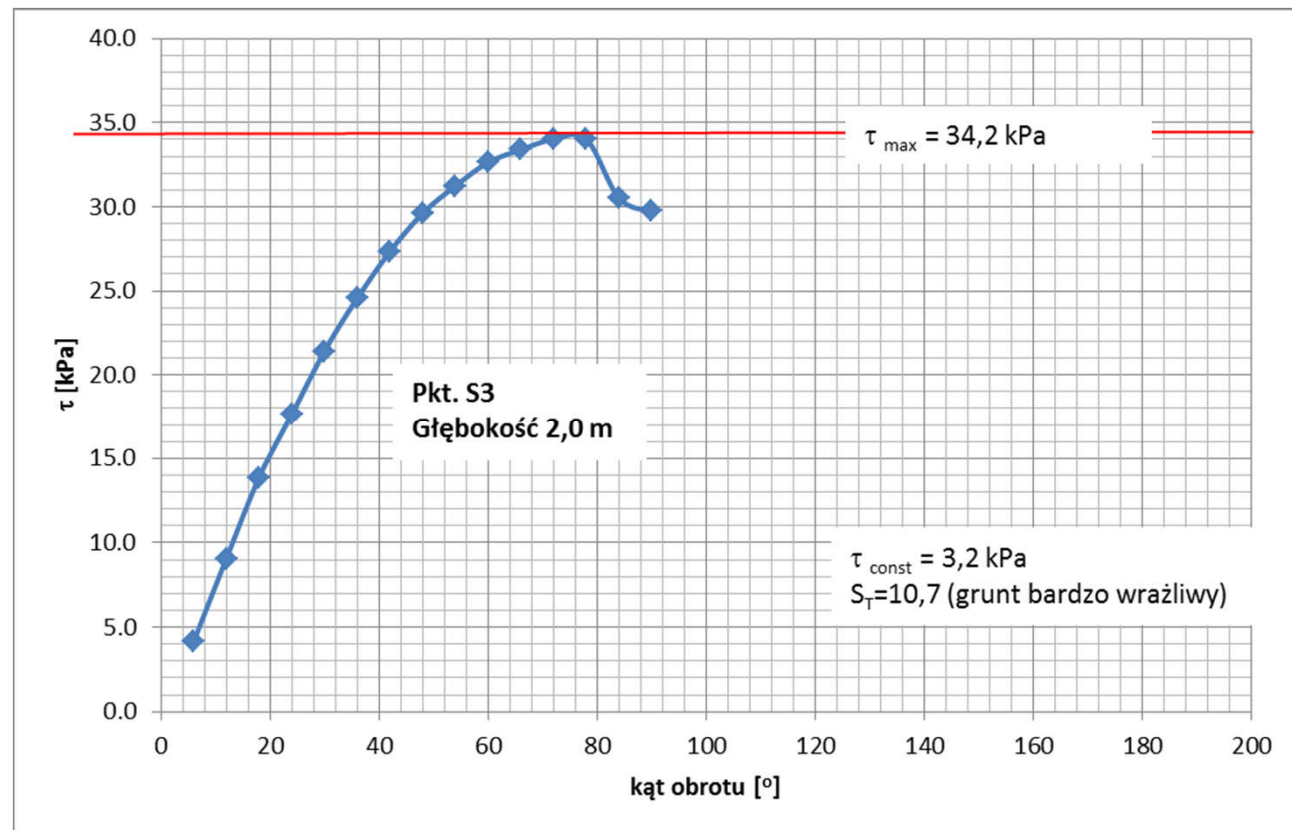
FIG. X1.1 Proposed Correction Factor to Raw Field Vane Shear Data from Plasticity Index (after Chandler, 1988)

ASTM D 2573-01

GBI: **BADANIE SONDA OBROTOWA**

BADANIE KRZYŻAKOWĄ SONDĄ OBROTOWĄ (VANE TEST– VT/VST, PSO)

WYNIKI



GBI: **BADANIE SONDA OBROTOWA**

BADANIE SONDĄ SLVT

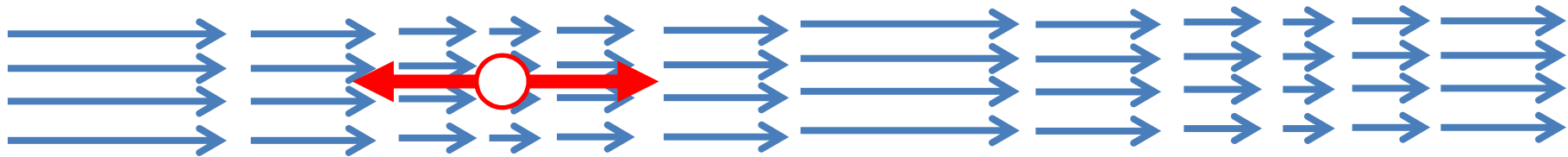


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

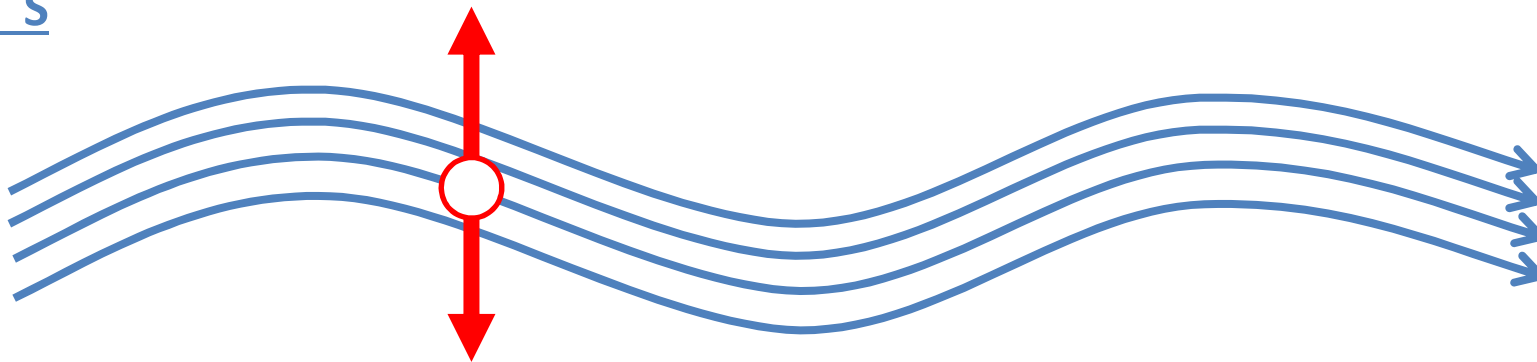
SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

ROZCHODZENIE SIĘ FAL W OŚRODKU SPRĘŻYSTYM

fale P



fale S



GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

ROZCHODZENIE SIĘ FAL W OŚRODKU SPRĘŻYSTYM

fale Rayleigh'a



parametry fal:

V – prędkość propagacji

A – amplituda drgań

f – częstotliwość

T – okres drgań

λ – długość

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

ROZCHODZENIE SIĘ FAL W OŚRODKU SPRĘŻYSTYM

Prędkość rozchodzenia się fali sejsmicznej teoretycznie zależy od sztywności podłoża i jego gęstości.

W praktyce, za ważne cechy podłoża, które wpływają na prędkość rozchodzenia się fali uważa się także m. in.:

- stopień konsolidacji (wiek, geneza),
- stan naprężenie in situ (historia obciążenia, diagenetyzacja, głębokość występowania),
- cechy teksturalne i strukturalne,
- stopień nasycenia porów cieczą.

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

$$V_P = \sqrt{\frac{E(1-\nu)}{\rho(1+\nu)(1-2\nu)}}$$

$$V_S = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\nu)}}$$



$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$



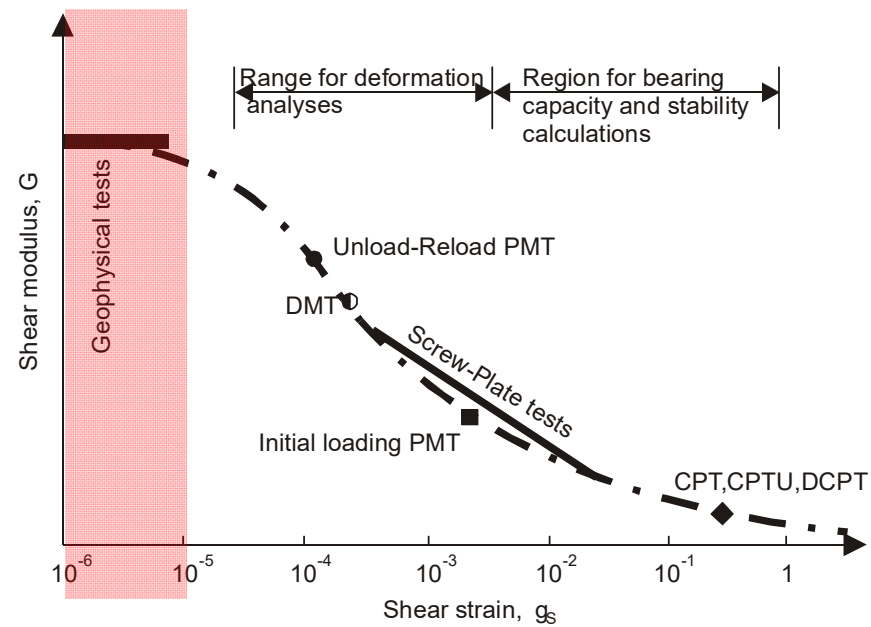
$$G = \rho V_S^2$$

.....

$$M = \rho V_P^2$$

GBI: BADANIA GEOFIZYCZNE

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO



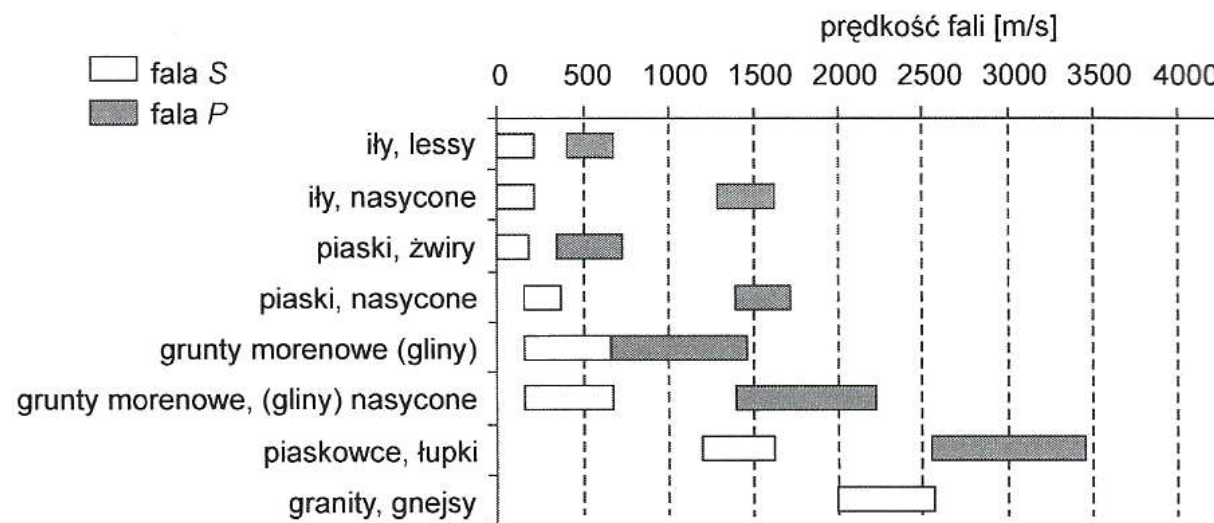
$$G_{max} = \rho V_S^2$$

.....

$$M_{max} = \rho V_P^2$$

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO



GBI: BADANIA GEOFIZYCZNE

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

LABORATORYJNE

IN SITU

NIEINWAZYJNE

INWAZYJNE

SEJSMIKI
POWIERZCHNIOWEJ

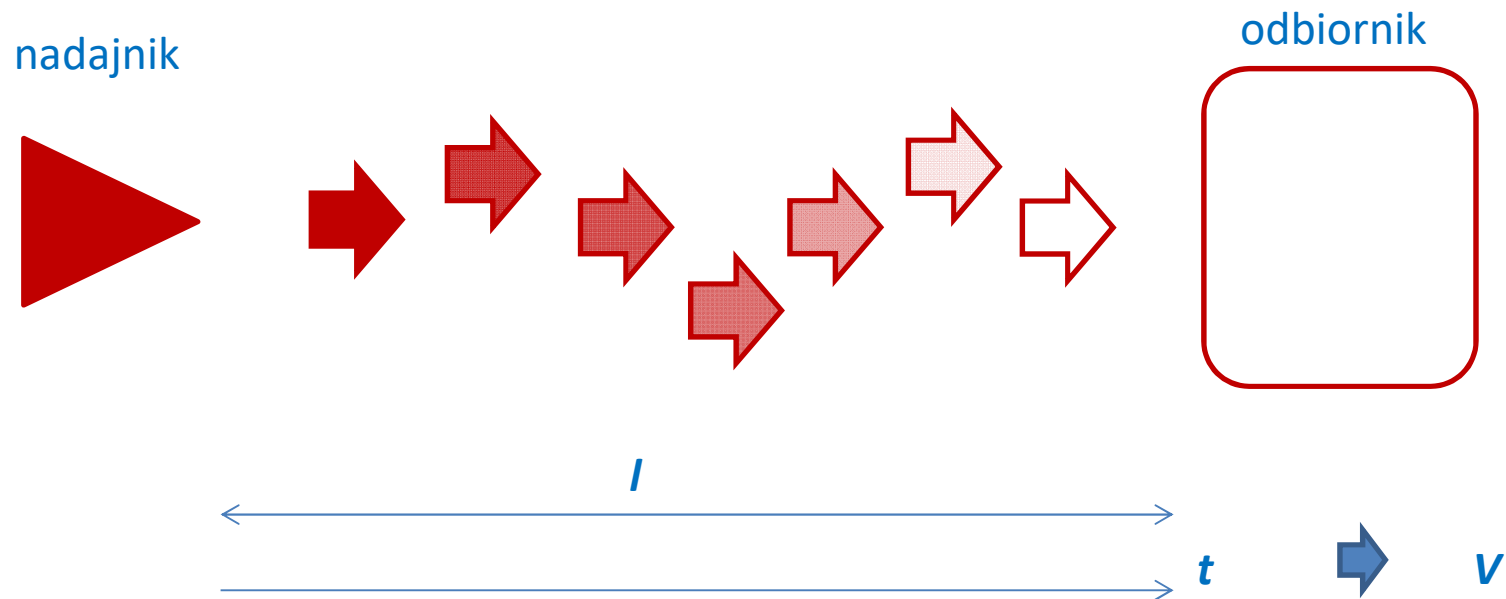
OTWOROWE

PENETRACYJNE

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

IDEA

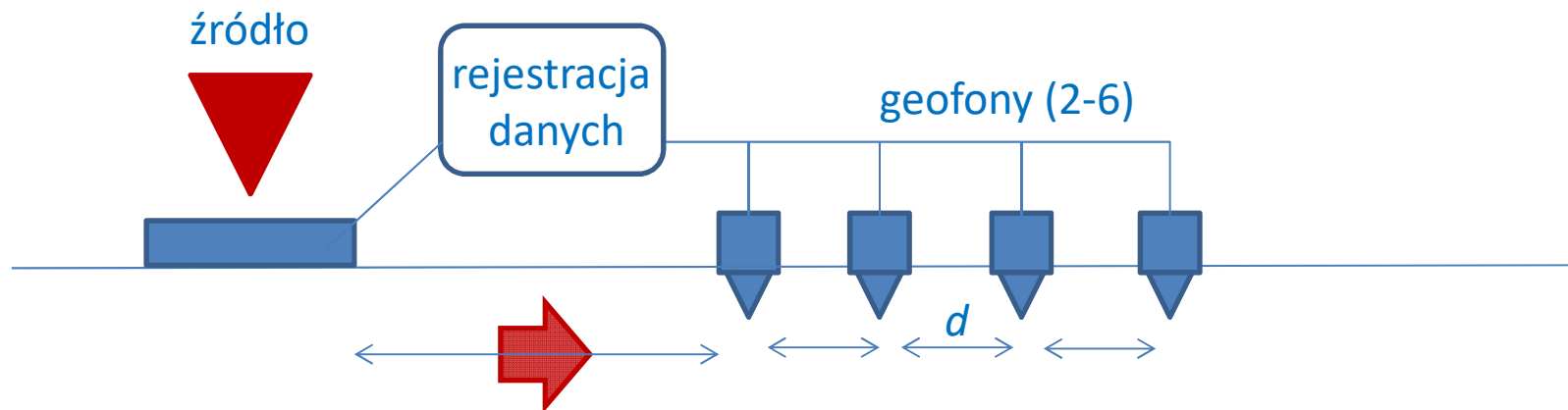


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

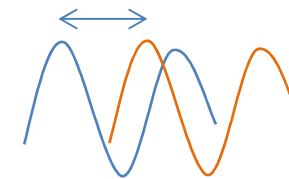
SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Spectral Analysis of Surface Waves



- rejestrujemy przesunięcie fazowe - ϕ

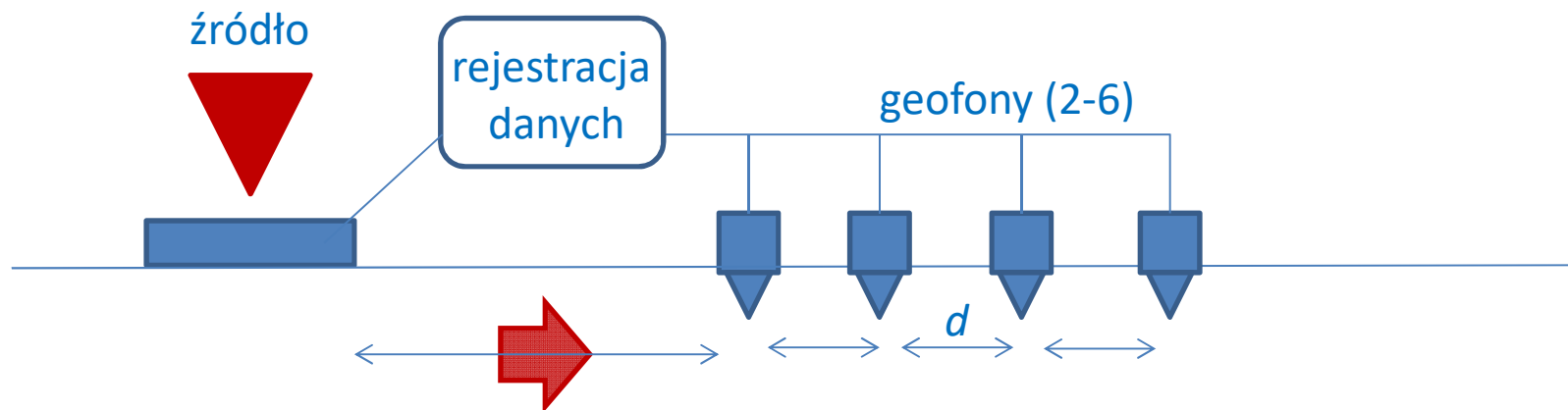


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Spectral Analysis of Surface Waves



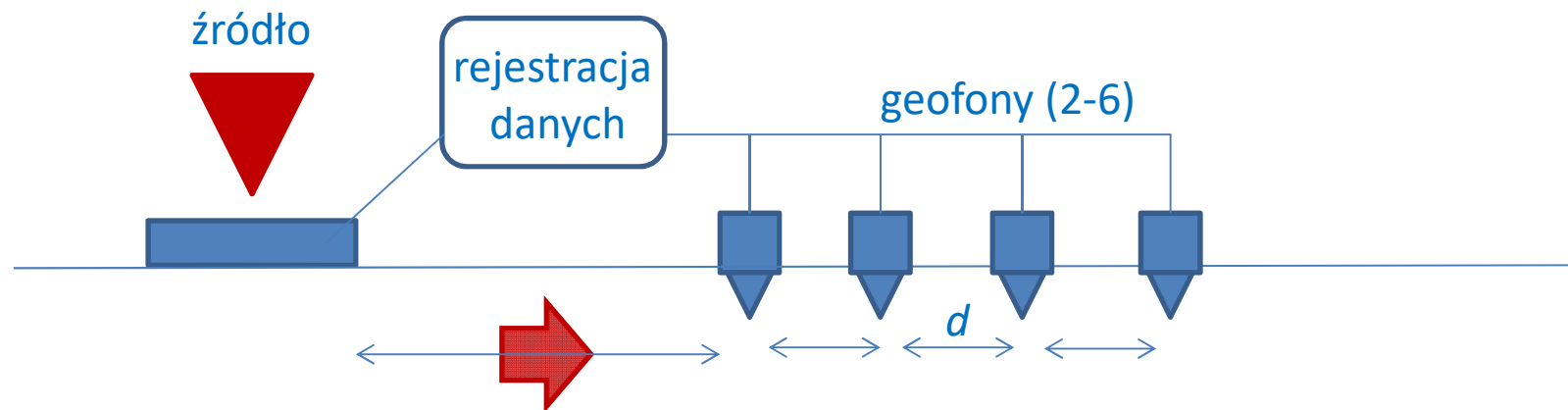
- obliczamy długość fali – λ $\lambda = 360d/\phi$

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Spectral Analysis of Surface Waves



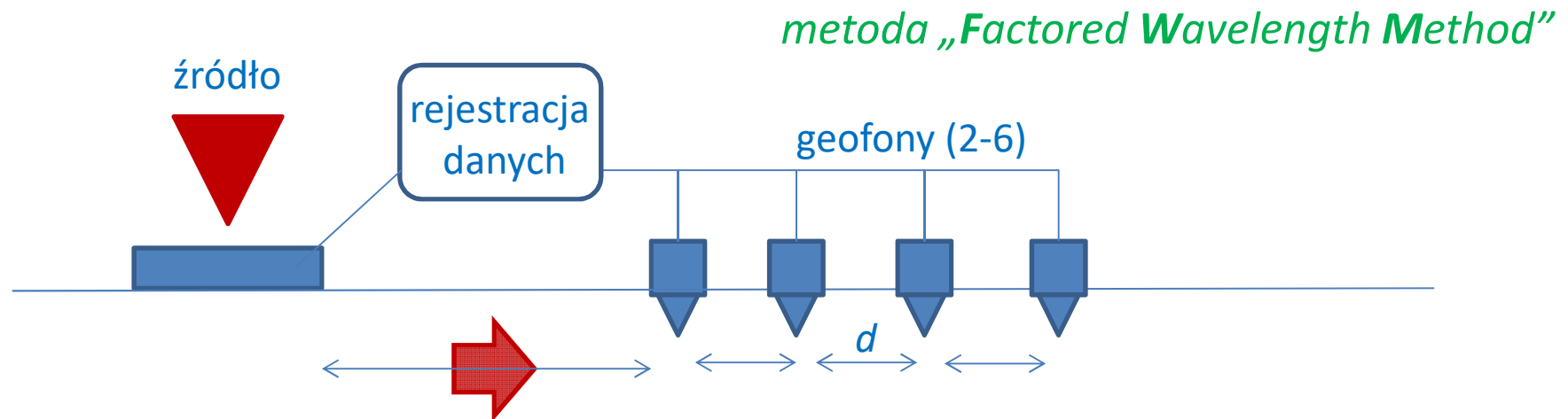
- obliczamy prędkość fali R – V_R $V_R = \lambda f$

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Spectral Analysis of Surface Waves



- obliczamy głębokość pomiaru – z

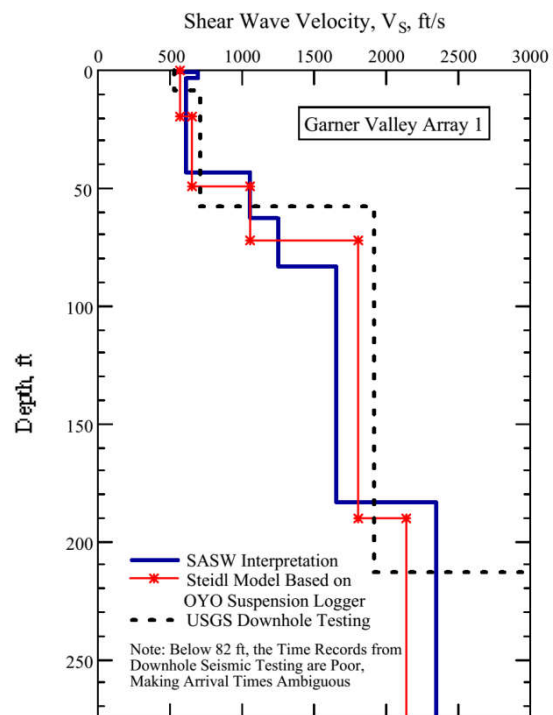
$$z = \lambda/3$$

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Spectral Analysis of Surface Waves

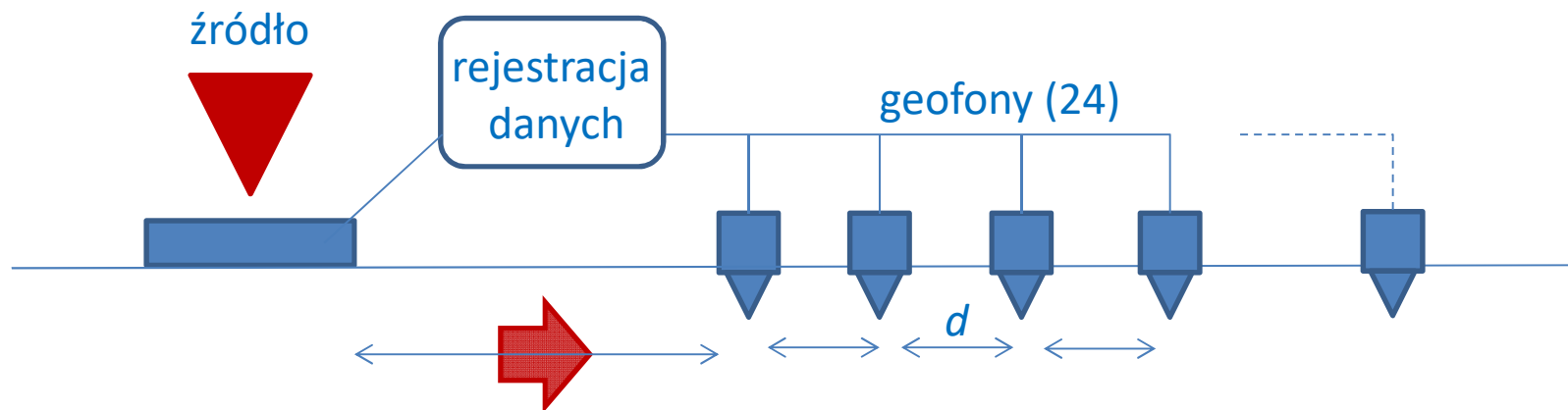


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Multichannel Analysis of Surface Waves



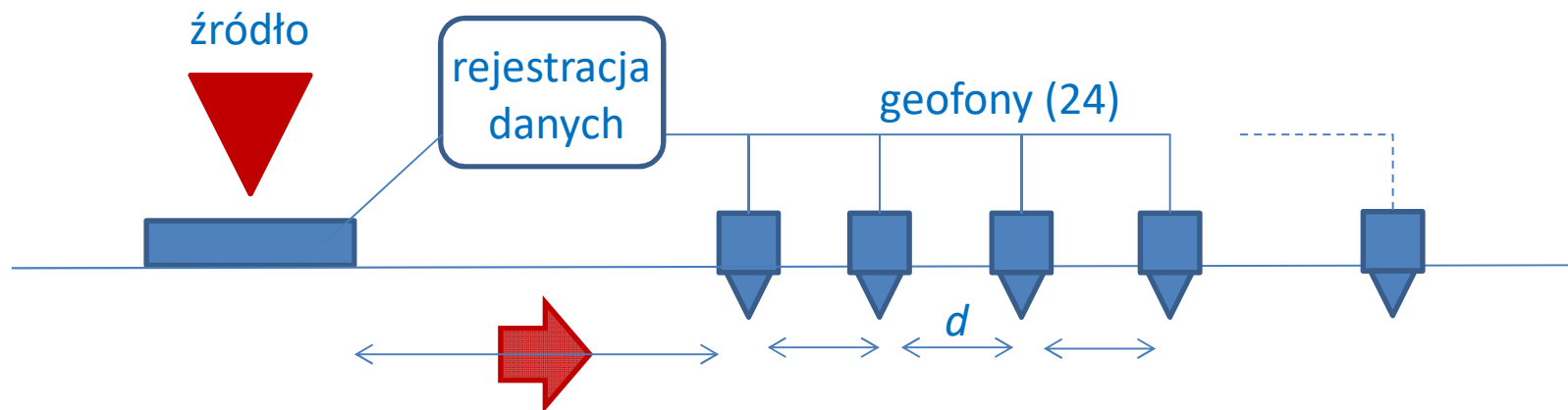
- geofony o wyższej częstotliwości > 4,5 Hz,
- ograniczona głębokość penetracji,
- możliwość przyspieszenia badania.

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Multichannel Analysis of Surface Waves



interpretacja - *metoda „Factored Wavelength Method”*

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Multichannel Analysis of Surface **W**aves

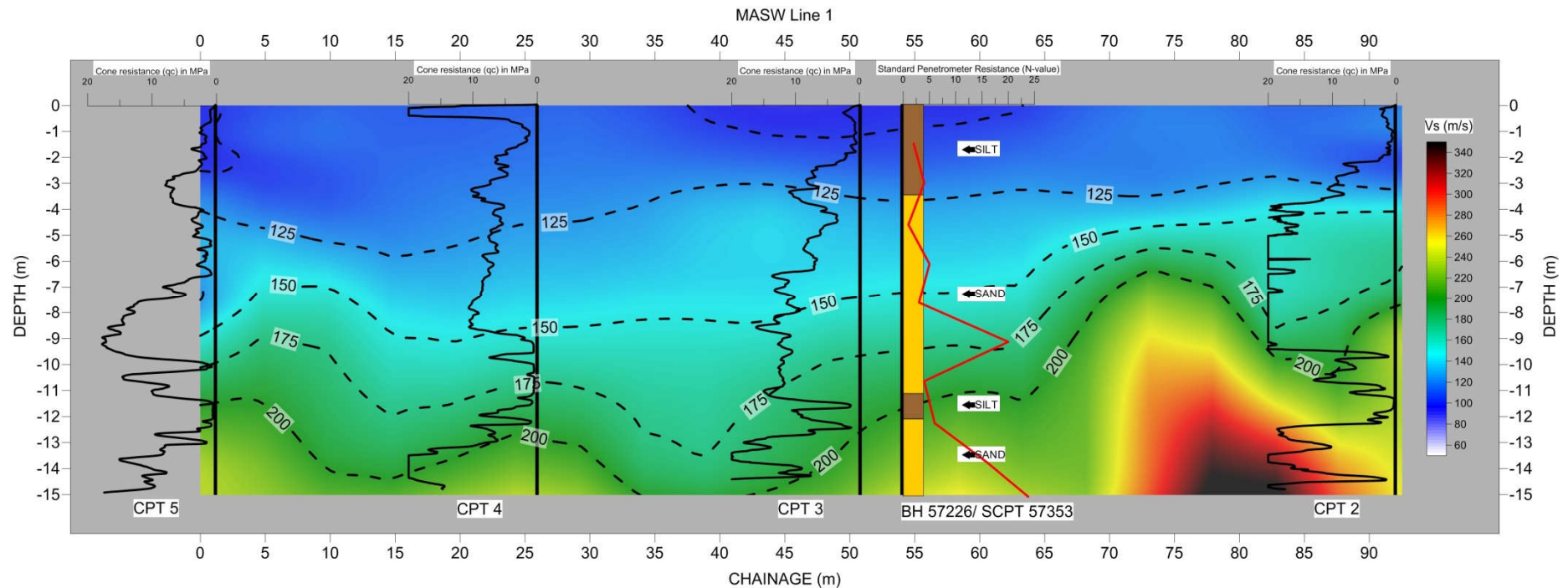


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

NIEINWAZYJNE

Multichannel Analysis of Surface Waves

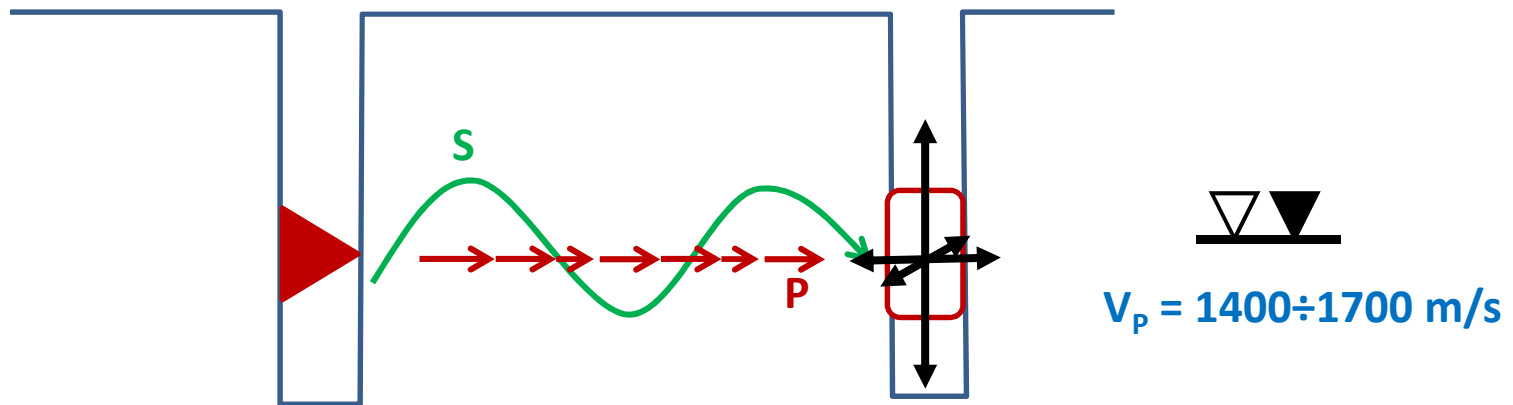


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - otworowe

Cross Hole



GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - otworowe

Cross Hole

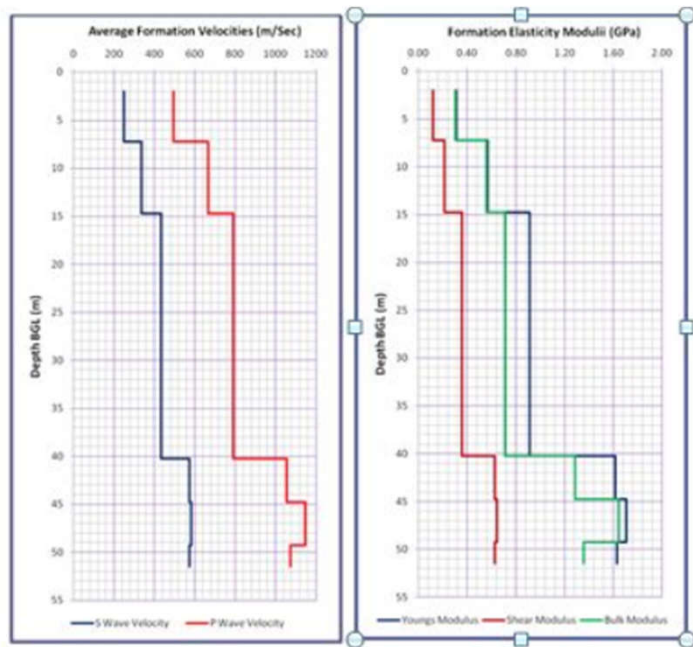
- dane o budowie geologicznej
- pomiary inklinometryczne
- rzeczywisty pomiar odległości
- brak fal powierzchniowych
- kwestia dopasowania do otworu
- uwzględnienie zjawiska refrakcji

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - otworowe

Cross Hole

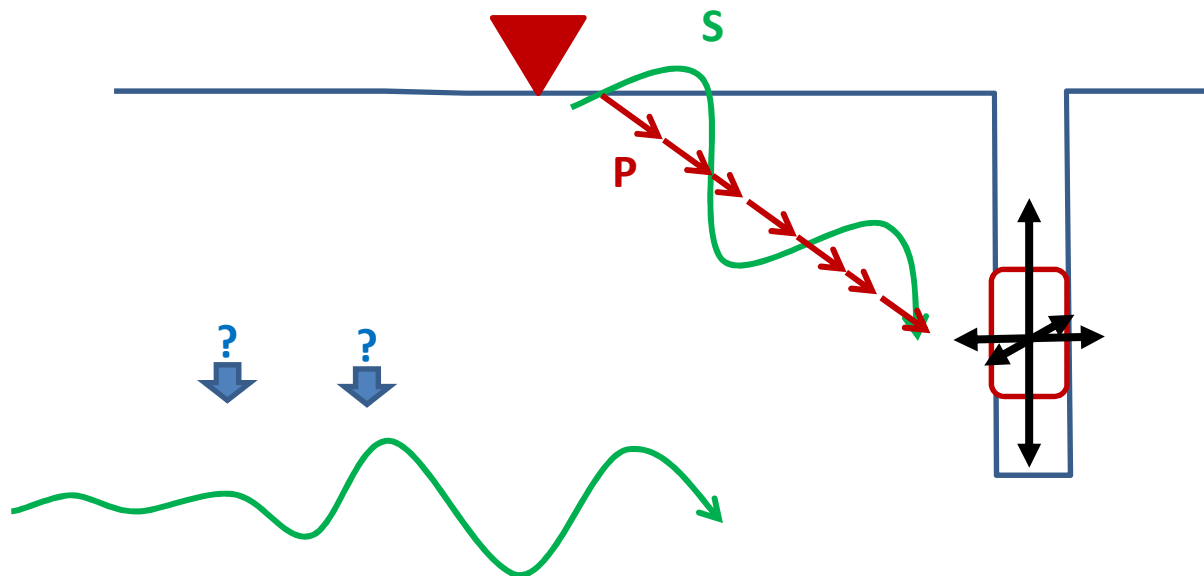


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - otworowe

Down Hole

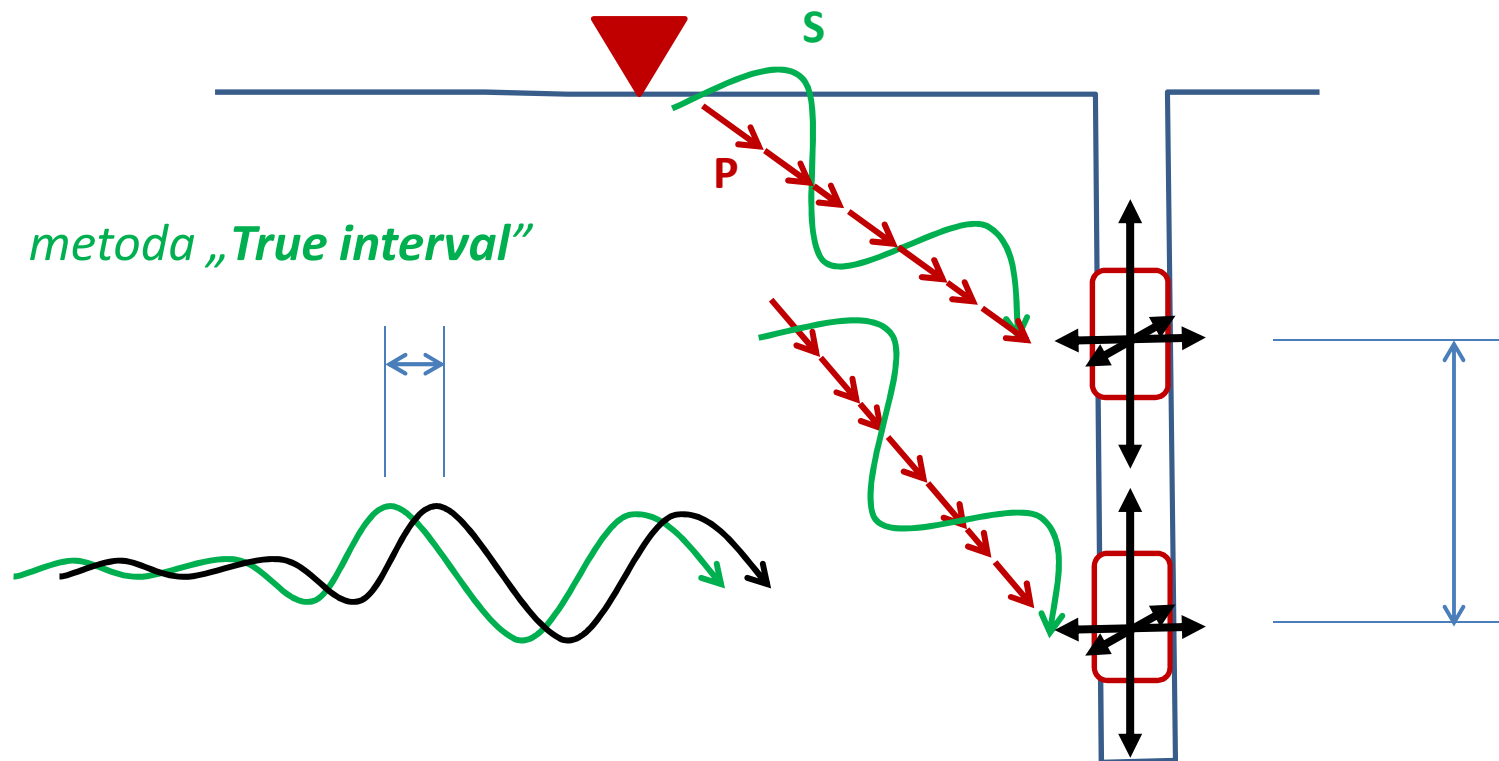


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - otworowe

Down Hole

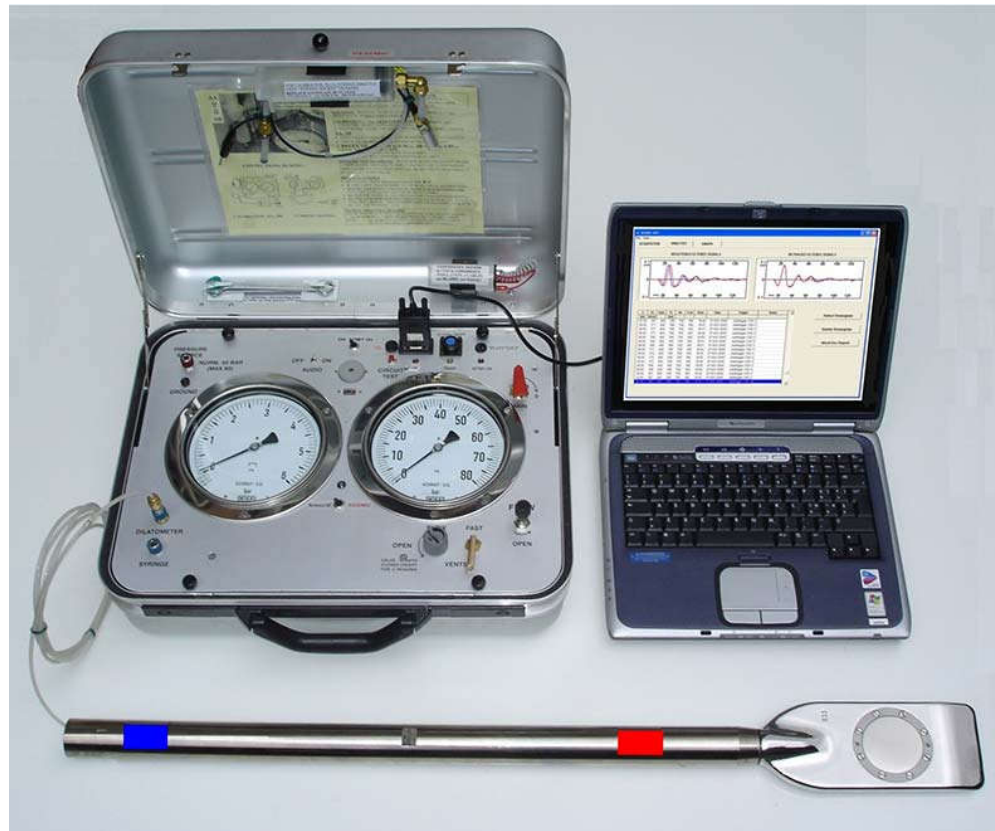


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - penetracyjne

Seismic DMT



GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - penetracyjne

Seismic CPTU



GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - penetracyjne

Seismic DMT/CPTU

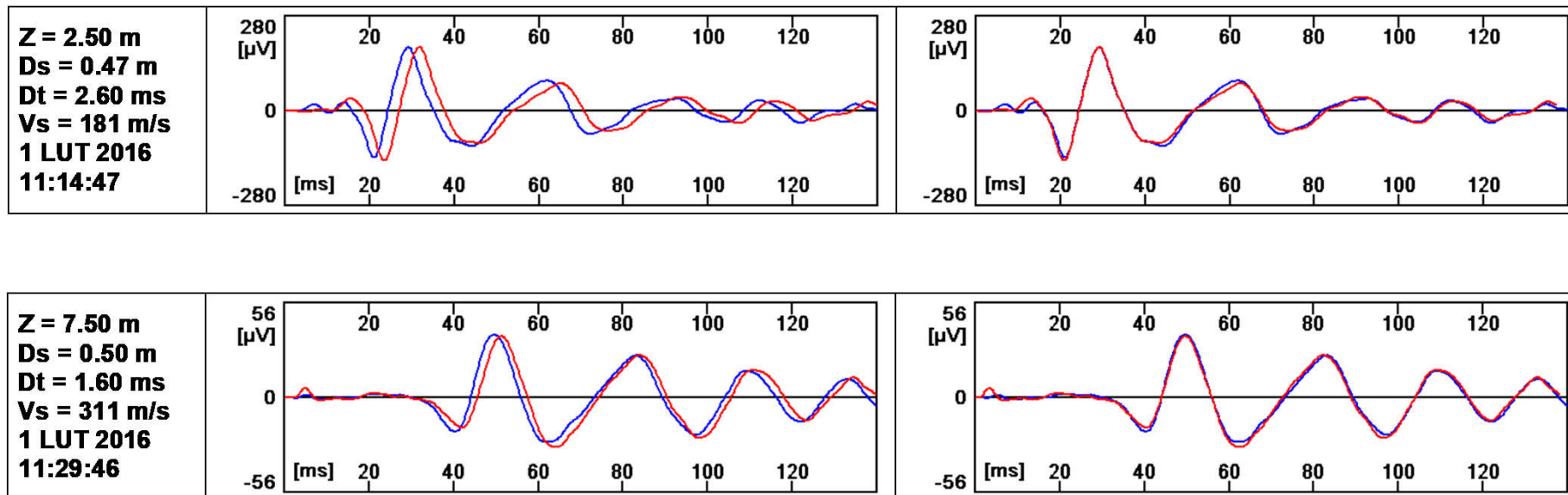


GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - penetracyjne

Seismic DMT/CPTU



GBI:

BADANIA GEOFIZYCZNE

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO

INWAZYJNE - penetracyjne

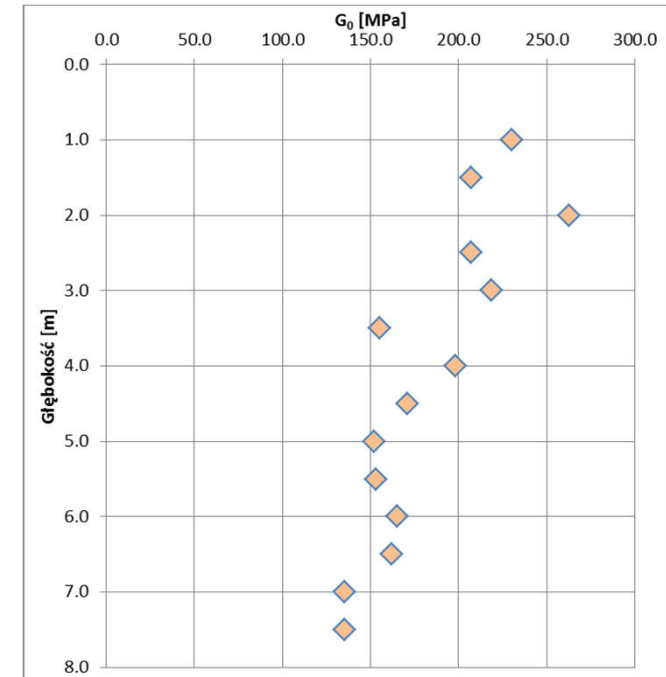
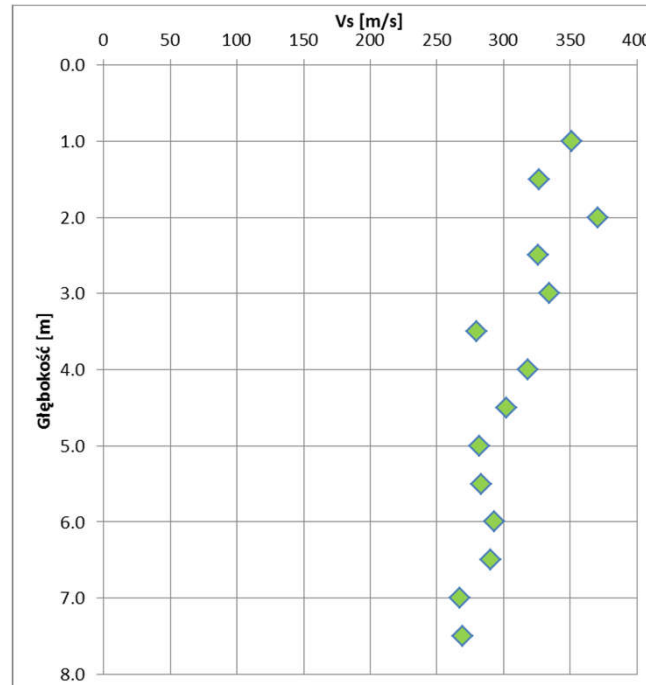
Seismic DMT/CPTU

WYNIKI TESTU SEJSMICZNEGO TYPU "DOWNHOLE"

Temat: Rezerwat Meteoryt
Morasko

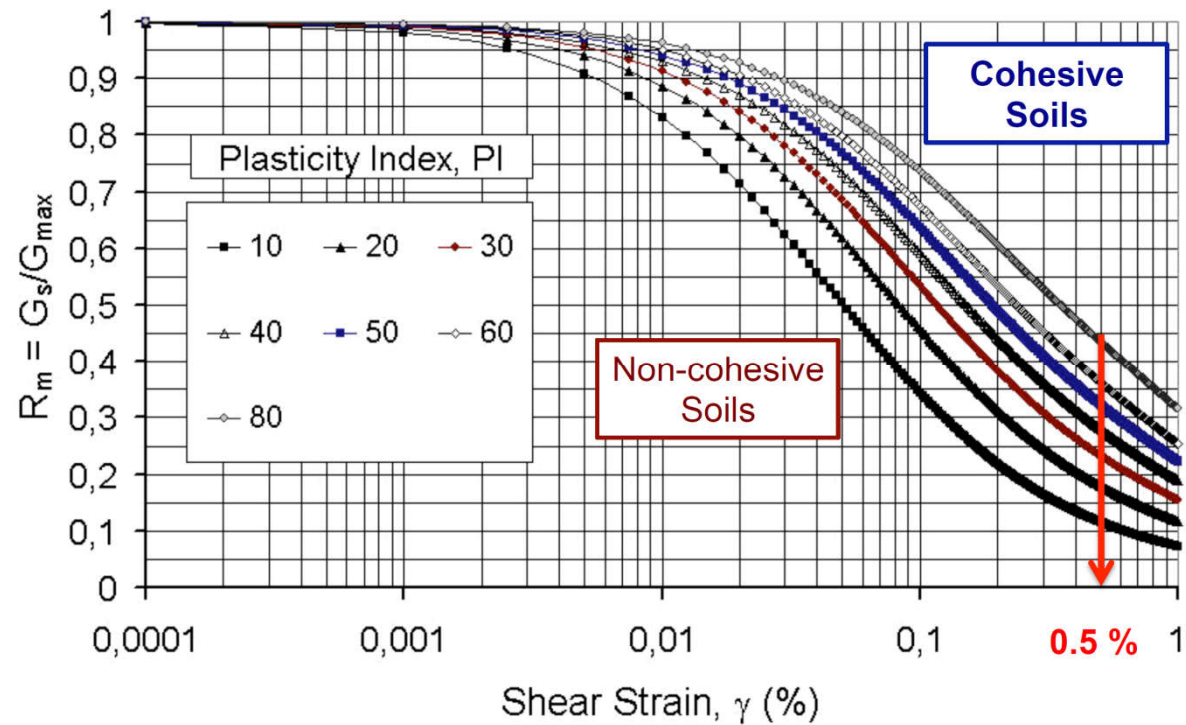
NR
TESTU: 2

Głębokość pomiaru	Prędkość fali poprzecznej - Vs	Początkowy moduł odkształcenia postaciowego - G ₀
[m]	[m/s]	[MPa]
1.00	351	230.1
1.50	327	207.3
2.00	371	262.6
2.50	326	207.1
3.00	334	218.6
3.50	280	155.2
4.00	318	198.1
4.50	302	170.8
5.00	282	152.2
5.50	283	153.2
6.00	293	165.1
6.50	290	162.2
7.00	267	135.3
7.50	269	135.5



GBI: BADANIA GEOFIZYCZNE

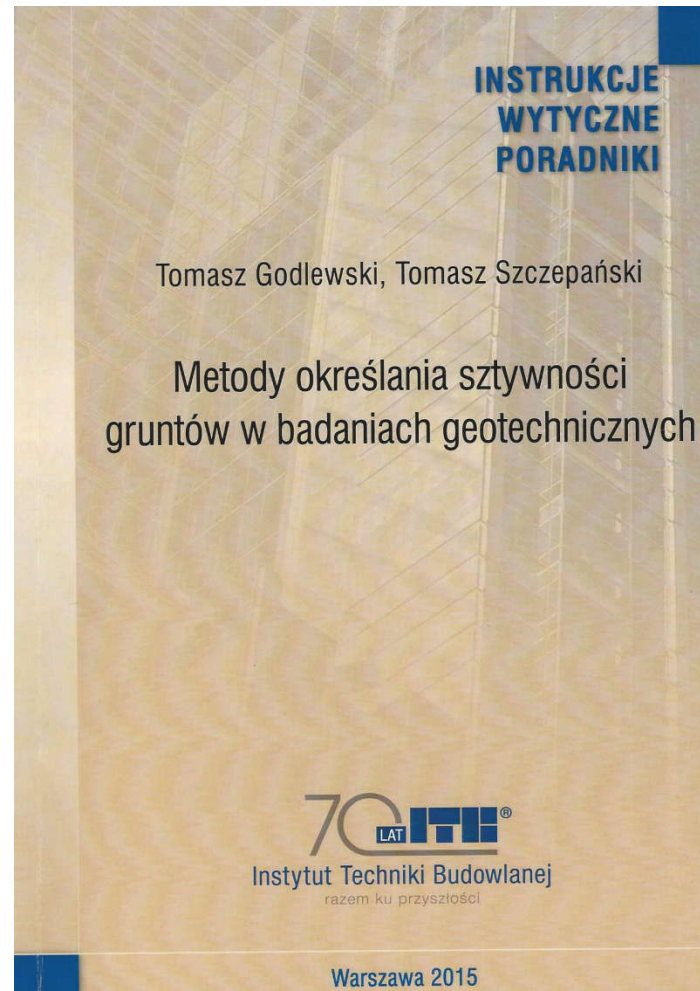
SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO



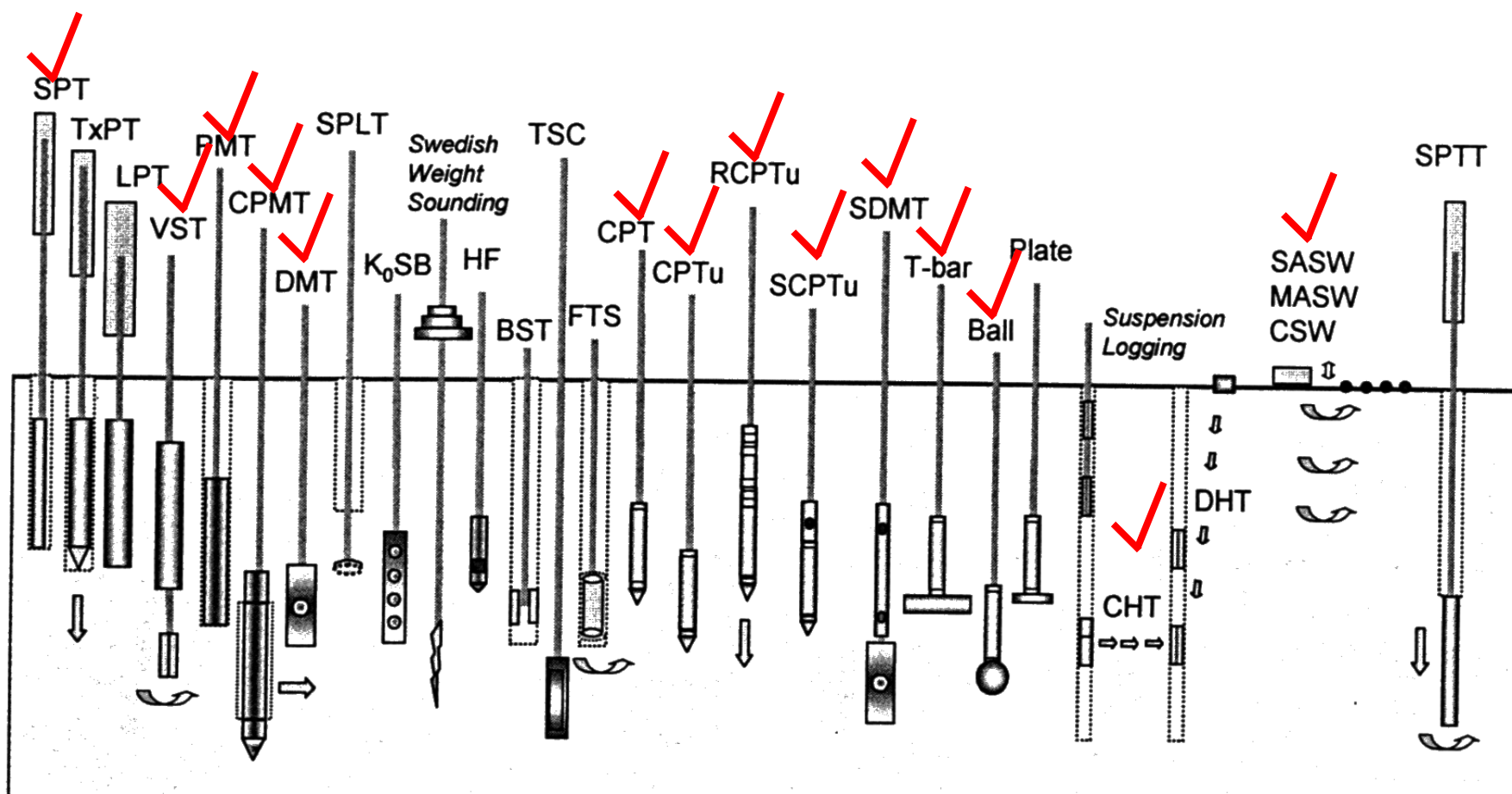
(Massarsch 2014)

GBI: **BADANIA GEOFIZYCZNE**

SEJSMICZNE BADANIA SZTYWNOŚCI PODŁOŻA GRUNTOWEGO



GBI: **PODSUMOWANIE**



(za Mayne 2006)