



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

ELEMENTY GEOLOGII INŻYNIERSKIEJ

prof. UAM, dr hab. inż. Jędrzej Wierzbicki

Pracownia Geologii Inżynierskiej i Geotechniki

jwi@amu.edu.pl

EGI:

CEL

- Wprowadzenie pojęcia gruntu i jego parametrów.

- Zaznajomienie z inżynierskim sposobem opisu litosfery.

- Umiejętność określenia rodzaju gruntu i jego podstawowych parametrów.

EGI:

CEL

- Zapoznanie się z typowymi problemami geotechnicznymi inżynierii wodnej.

- Zapoznanie się z technikami badań podłoża gruntowego w zakresie badań laboratoryjnych oraz in-situ.

EGI:

ORGANIZACJA ZAJĘĆ

1. 15 h WYKŁADÓW + 15 h ĆWICZEŃ

2. PRACA WŁASNA – 50 h

3. KONSULTACJE

4. SPRAWDZENIE WIEDZY:

- **KOŁOKWIA**
- **EGZAMIN**

EGI:

LITERATURA

- **Pisarczyk S. (2005):**

Mechanika gruntów. OWPW, Warszawa.

- **Schnaid F. (2009):**

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

- **Wiłun Z. (2000):**

Zarys geotechniki. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.

- **Das B.M. (1984):**

Principles of geotechnical engineering. PWS-Kent Publishing Company, Boston Mass.

- **Lambe T. W., Whitman R.V. (1969):**

Soil mechanics. MIT wyd. J. Wiley and Sons, Inc.

- **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.

EGI:

ZARYS PRZEDMIOTU

Geologia inżynierska:

nauka badająca środowisko inżyniersko-geologiczne.

Środowisko geologiczno-inżynierskie

obszar środowiska przyrodniczego, ograniczony przez:

- antropopresję
- wpływ środowiska na działalność człowieka.

Środowisko geologiczno-inżynierskie

- efekt procesów geologicznych (akumulacja, wietrzenie, erozja, ruchy masowe...)
- efekt procesów antropogenicznych (modelowanie rzeźby, eksploatacja złóż, składowiska, zbiorniki...).

Badanie środowiska inżyniersko-geologicznego:

- analizy geologiczne (ocena środowiska geologicznego)
- analizy geotechniczne (ocena antropopresji).

EGI:

ZARYS PRZEDMIOTU

BUDOWNICTWO, GÓRNICTWO, INŻYNIERIA ŚRODOWISKA



GEOLOGIA REGIONALNA



GEOFIZYKA



**GEOLOGIA
INŻYNIERSKA**



STATYSTYKA

GRUNTOZNAWSTWO



MECHANIKA GRUNTÓW

EGI:

ZARYS PRZEDMIOTU

OPIS ŚRODOWISKA
GEOLOGICZNEGO

PROGNOZA NATURALNEJ
EWOLUCJI ŚRODOWISKA

ANALIZA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

PROGNOZA EWOLUCJI ŚRODOWISKA
Z UWZGLĘDNIENIEM ANTROPOPRESJI



EGI:

ZARYS PRZEDMIOTU

Gruntoznawstwo:

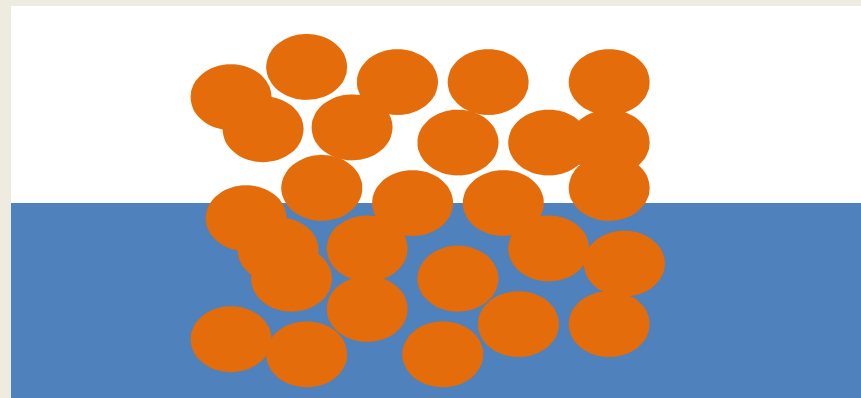
dział geologii inżynierskiej zajmujący się badaniem i klasyfikacją gruntów ze względu na ich właściwości budowlane, oceną mechanicznej wytrzymałości gruntu jako podłoża budowli, metodami polepszenia właściwości gruntów oraz badaniem zmian tych właściwości pod wpływem wznoszonych budowli.

EGI:

ZARYS PRZEDMIOTU

Grunt:

dowolny, trójfazowy i rozdrobniony utwór geologiczny lub antropogeniczny, współdziałający z obiektem inżynierskim



Mechanika Gruntów:

nauka o fizycznych i mechanicznych właściwościach gruntów oraz stanach naprężenia i odkształcenia występujących w podłożu.

Mechanika Gruntów

jest projekcją klasycznej mechaniki newtonowskiej na trójfazowy ośrodek rozdrobniony.

Mechanika Skał – bada ośrodek zlityfikowany

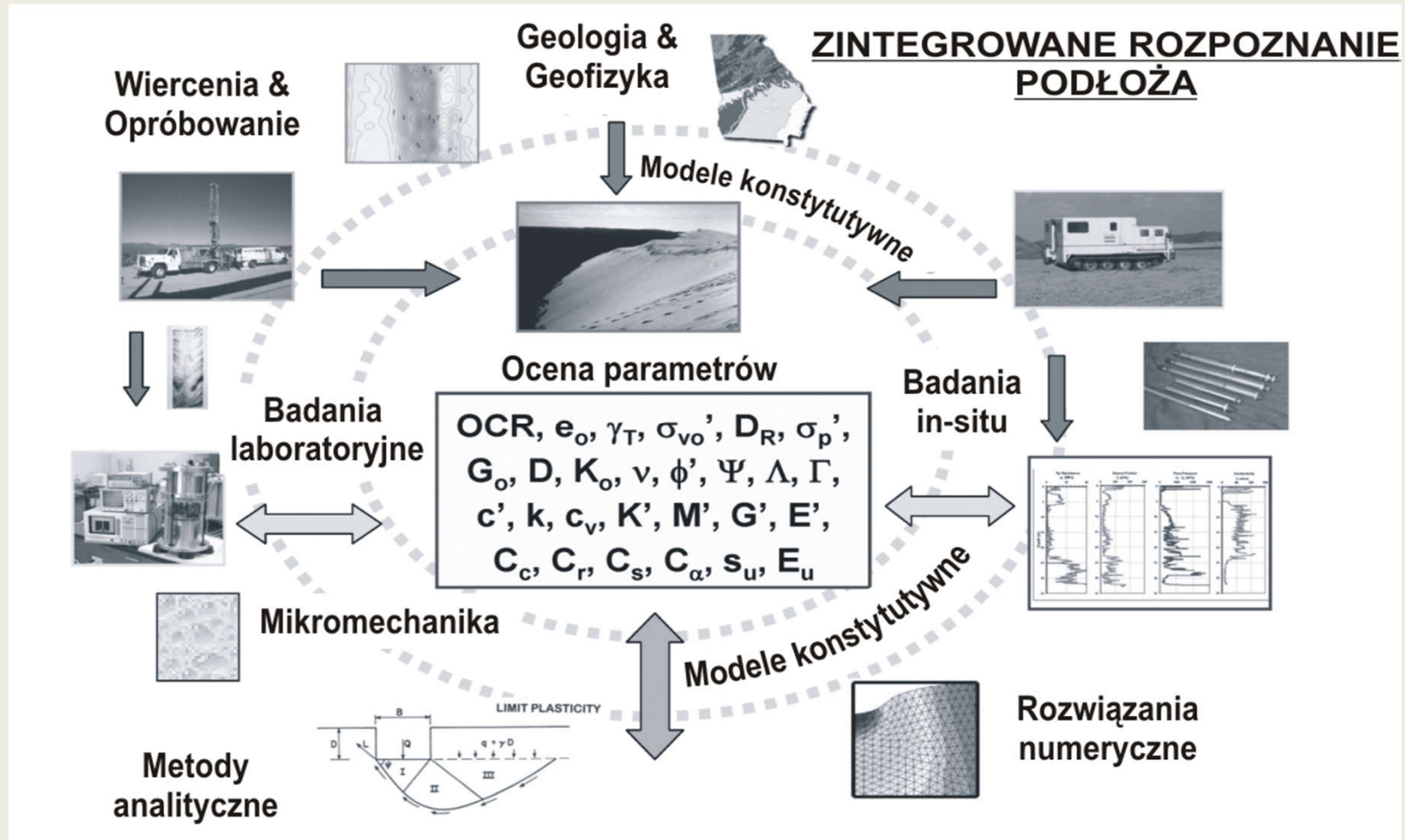
Geotechnika:

dziedzina wiedzy wykorzystująca mechanikę gruntów oraz elementy innych nauk do analizy interakcji konstrukcji inżynierskich z podłożem.



EGI:

ZARYS PRZEDMIOTU



(za Mayne 2006)

EGI:

ZARYS PRZEDMIOTU

EN 1990 (EC 0)	Podstawy projektowania konstrukcji (wspólne dla wszystkich Eurokodów)
EN 1991 (EC 1)	Oddziaływania na konstrukcję („obciążenia”)
EN 1992 (EC 2)	Projektowanie konstrukcji z betonu
EN 1993 (EC 3)	Projektowanie konstrukcji stalowych
EN 1994 (EC 4)	Projektowanie konstrukcji zespolonych stalowo-betonowych
EN 1995 (EC 5)	Projektowanie konstrukcji drewnianych
EN 1996 (EC 6)	Projektowanie konstrukcji murowych
EN 1997 (EC 7)	Projektowanie geotechniczne
EN 1998 (EC 8)	Projektowanie konstrukcji poddanych oddziaływaniom sejsmicznym
EN 1999 (EC 9)	Projektowanie konstrukcji aluminiowych

EGI: ZARYS PRZEDMIOTU

• Rozporządzenie Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej z dnia 25 kwietnia 2012 r. w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych

• PN-EN ISO 14688-1:2018 Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 1: Oznaczenie i opis

• PN-EN ISO 14688-2:2018 Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie gruntów. Część 2: Zasady klasyfikowania

• PN-EN ISO 14689-1:2006 Badania geotechniczne. Oznaczenie i klasyfikowanie skał. Część 1: Oznaczenie i opis

EGI: ZARYS PRZEDMIOTU

- **PN-86/B-02480 Grunty budowlane. Określenia, symbole, podział i opis gruntów**

- **PN-88/B-04481 Grunty budowlane. Badania próbek gruntu**

- **PN-81/B – 03020 Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli**

EGI: ZARYS PRZEDMIOTU

- **Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r – Prawo górnicze i geologiczne.**
(Dz.U.11.163.981)

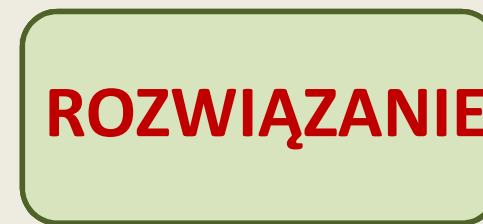
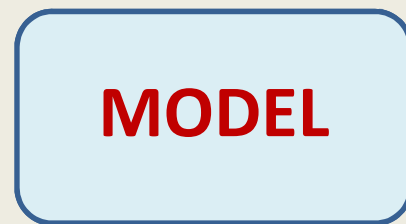
- **Zasady sporządzania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej.**
Bażyński J., Drągowski A., Frankowski Z., Kaczyński R., Rybicki S.,
Wysokiński L., 1999, W-wa

- **Instrukcja sporządzania mapy warunków geologiczno-inżynierskich w skali 1:10000 i większej dla potrzeb planowania przestrzennego w gminach.** Red. Majewska A., Słowańska B.,
1999, Min. Środowiska oraz Państwowy Instytut Geologiczny

EGI:

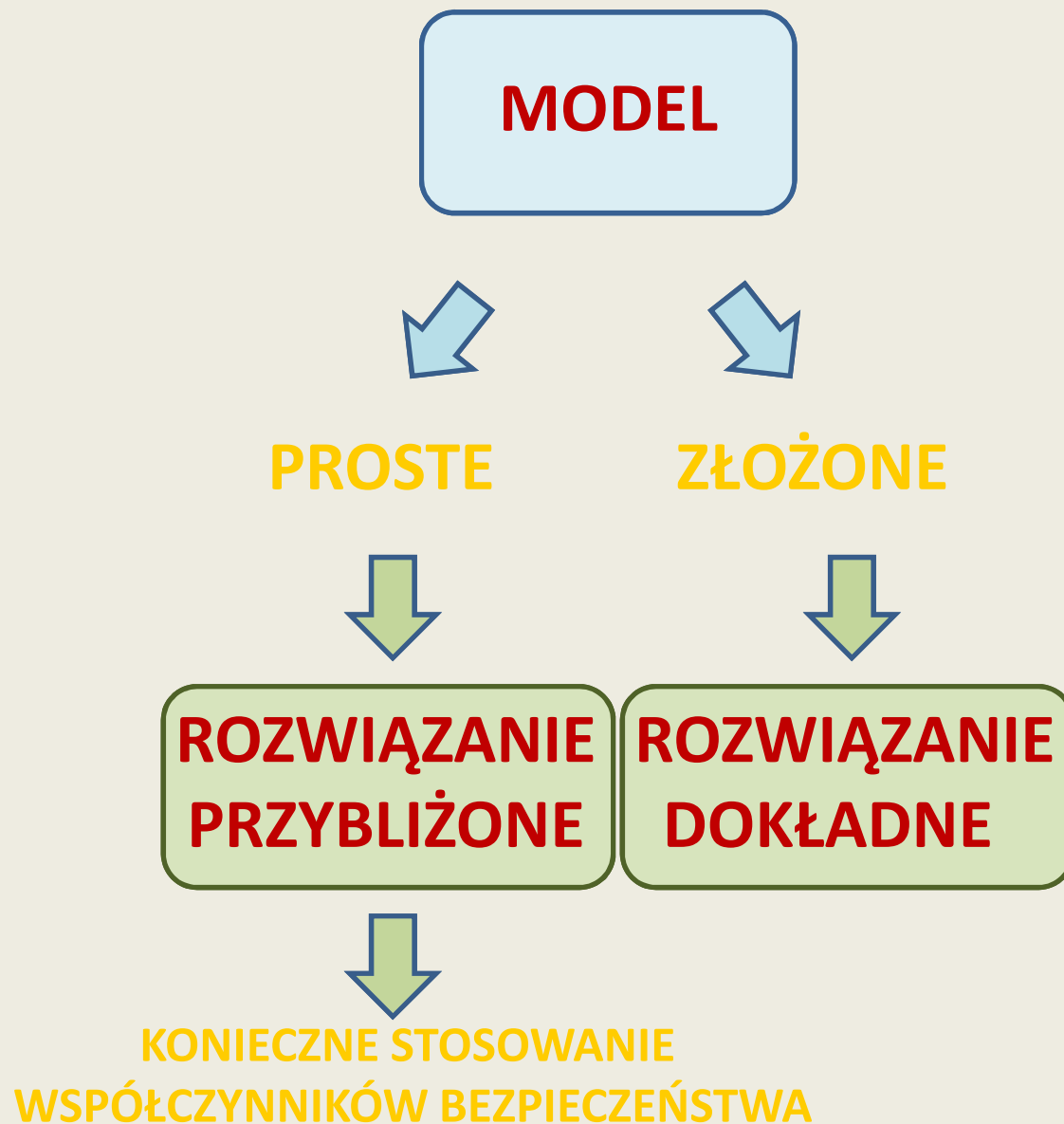
INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY

OPIS OŚRODKA GRUNTOWEGO

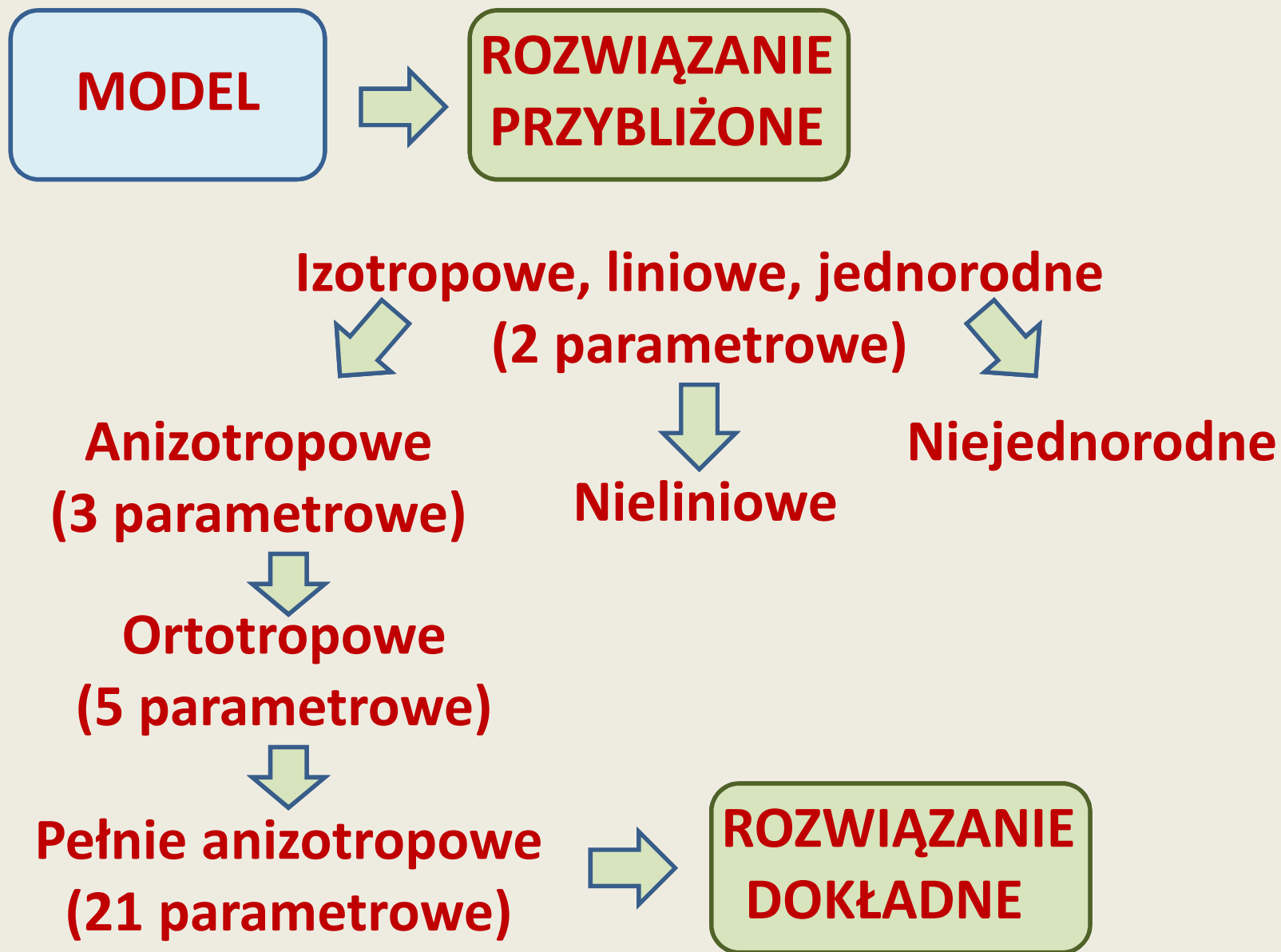


PARAMETRY

EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - model



EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - model



EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - model

MODEL



**ROZWIĄZANIE
PRZYBLIŻONE**

- anizotropowa natura gruntu
- relatywnie mała liczba badań
- proste metody badawcze i interpretacyjne
- standaryzacja rozwiązań

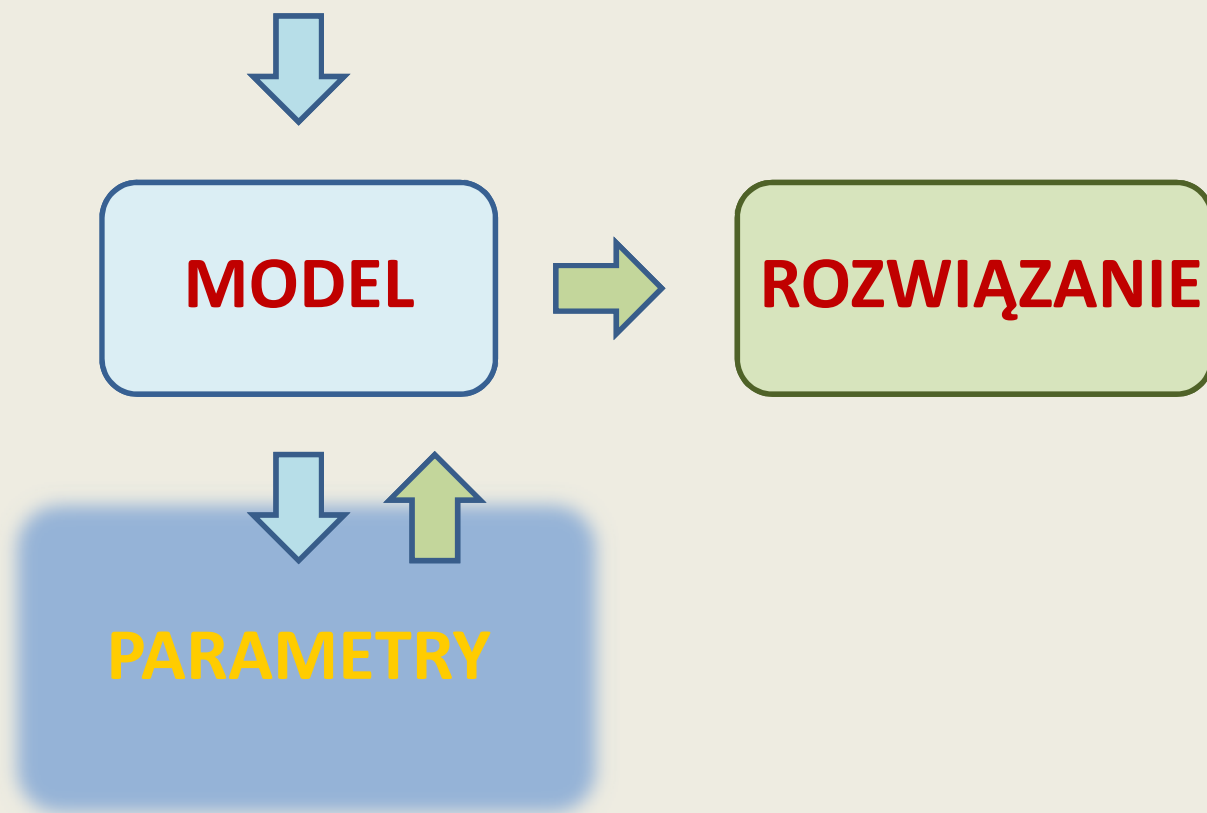


**ANALIZY
STANU
GRANICZNEGO**



**ANALIZY
DEFORMACJI**

OPIS OŚRODKA GRUNTOWEGO



EGI:

INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

PARAMETRY

```
graph TD; A[PARAMETRY] --> B[stałe materiałowe]; A --> C[zmienne stanu];
```

**stałe
materiałowe**

ciało sprężyste - G
ciało plastyczne - ϕ_{μ}

**zmienne
stanu**

$e, M, OCR, s_u, \sigma, \phi' \dots$

EGI:

INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

PARAMETRY

```
graph TD; A[PARAMETRY] --> B[analizy stanu granicznego]; A --> C[analizy deformacji];
```

analizy stanu granicznego

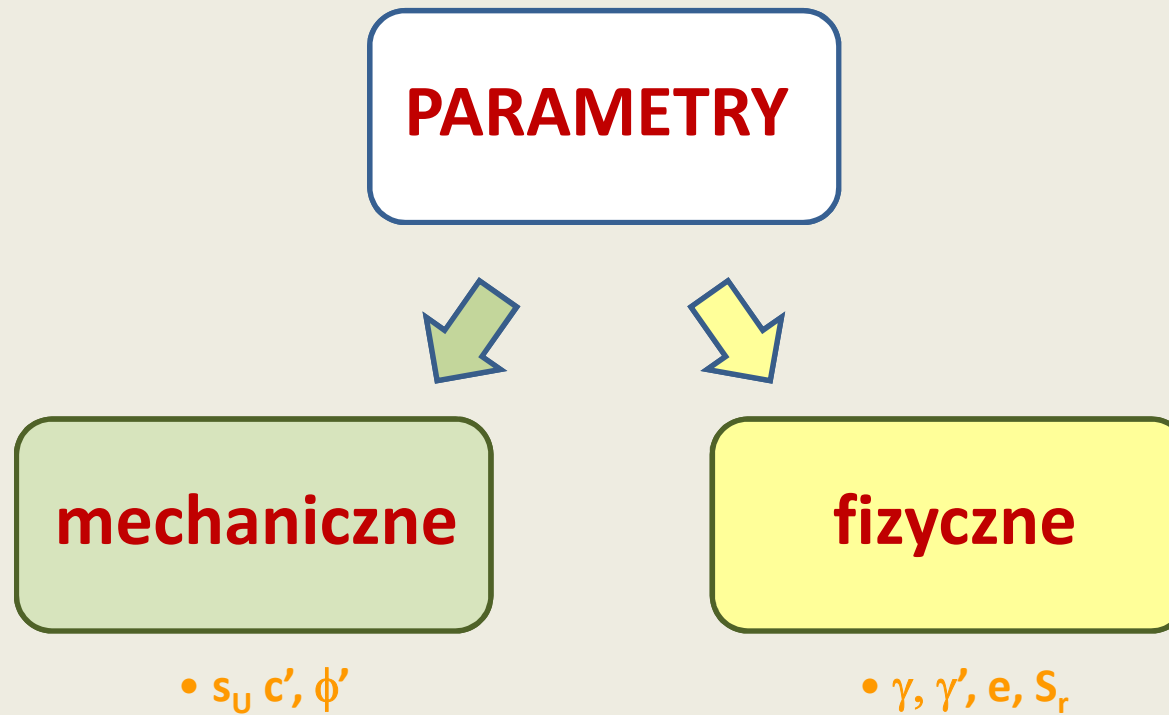
- s_u
- c', ϕ'
- γ, γ'

analizy deformacji

- E, ν, G, D, C_c, c_v

EGI:

INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry



mechaniczne

• s_u, c', ϕ'

fizyczne

• γ, γ', e, S_r

EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

- ciężar objętościowy – γ [kN/m³]
- ciężar objętościowy szkieletu ziarnowego – γ_d [kN/m³]
- ciężar objętościowy z uwzględnieniem... – γ' , γ_{sr} [kN/m³]

$$\gamma_d = 100\gamma / (100+w)$$

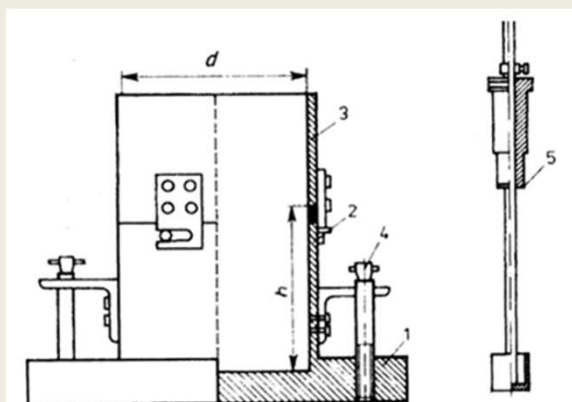
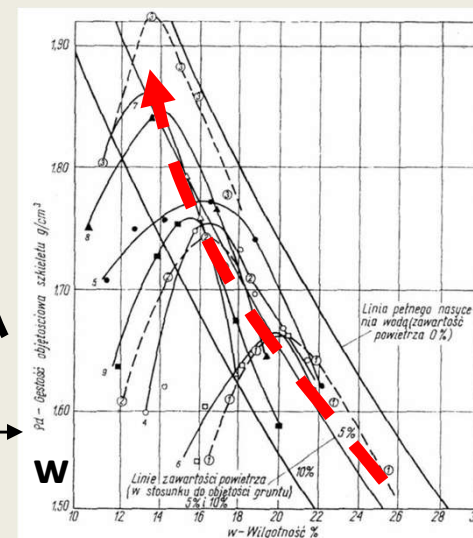
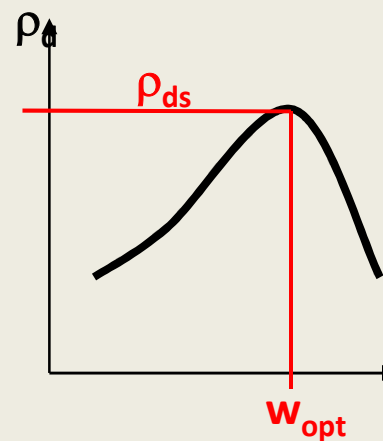
$$\gamma_{sr} = (1-n)\gamma_s + n\gamma_w$$

$$\gamma' = \gamma_{sr} - \gamma_w$$

- wilgotność – w [%]
- porowatość – n [-]
- wskaźnik porowatości – e [-]

EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

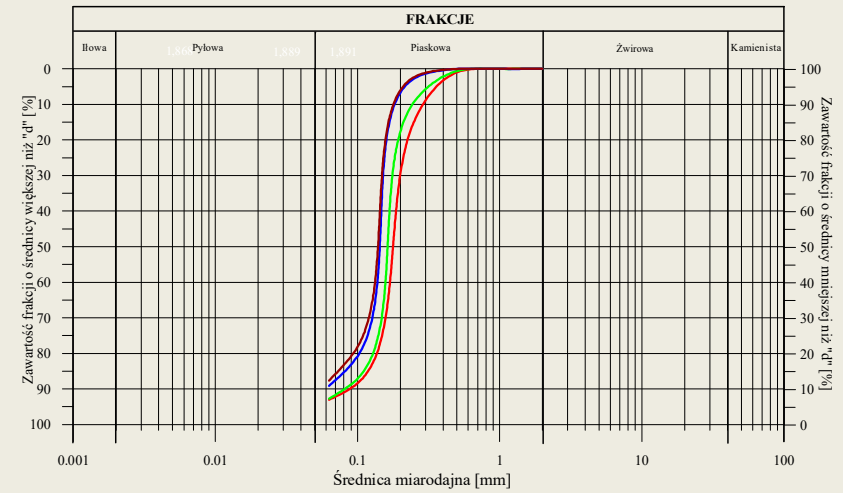
- wilgotność optymalna – w_{opt} [%]
- maksymalna gęstość objętościowa szkieletu gruntowego – ρ_{ds} [g/cm³]



Rys.1. Schemat aparatu Proctora z ubijakiem (wg PN-S8/B-04481):
1-podstawa, 2 - cylinder, 3 - kołnier, 4 - śruby dociskowe, 5 - ubijak.

EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

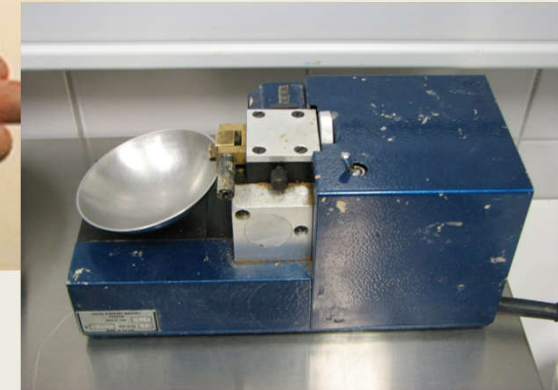
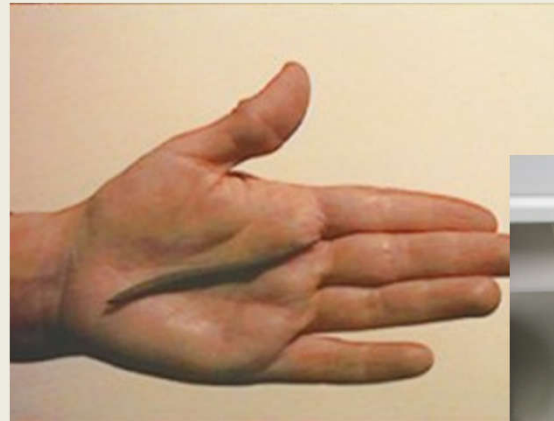
- skład granulometryczny – ...



EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

- granica plastyczności – w_p [-]

- granica płynności – w_l [-]



- wskaźnik plastyczności – I_p [-]

$$I_p = w_l - w_p$$

- stopień plastyczności – I_L [-]

$$I_L = \frac{w_n - w_p}{I_p}$$

- wskaźnik konsystencji – I_c [-]

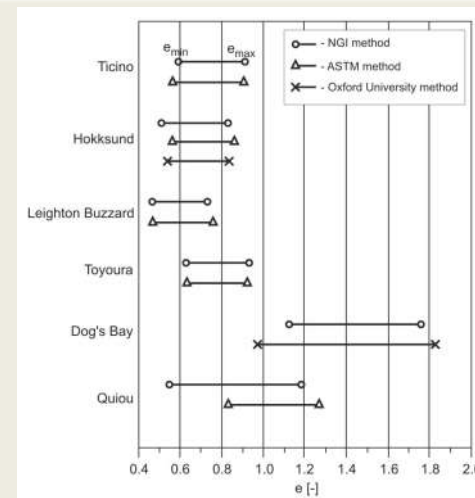
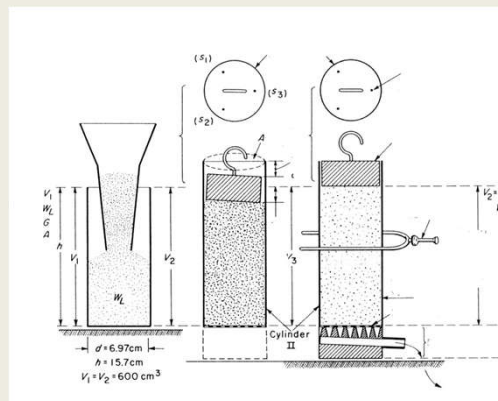
$$I_c = 1 - I_L$$

$$I_c = \frac{w_L - w_n}{I_p}$$

EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

- stopień zagęszczenia – I_D [-]

$$I_D = \frac{e_{\max} - e_n}{e_{\max} - e_{\min}}$$



- wskaźnik aktywności koloidalnej Skemptona – A [-]

$$A = I_p / f_i$$

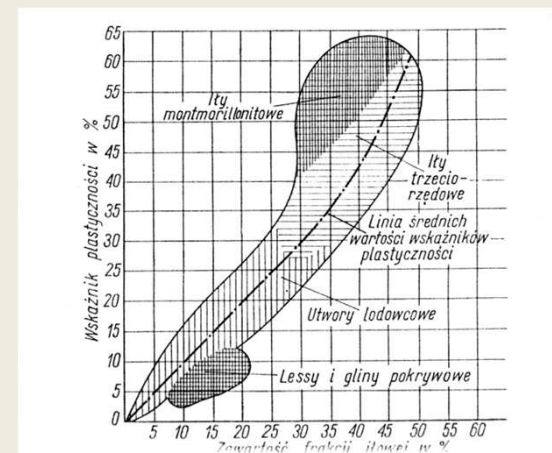
- wskaźnik wilgotności – S_r [-]

$$S_r = w \rho_s / 100e$$

$0,0 < S_r \leq 0,4$ suchy

$0,4 < S_r \leq 0,8$ wilgotny

$0,8 < S_r \leq 1,0$ mokry



EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

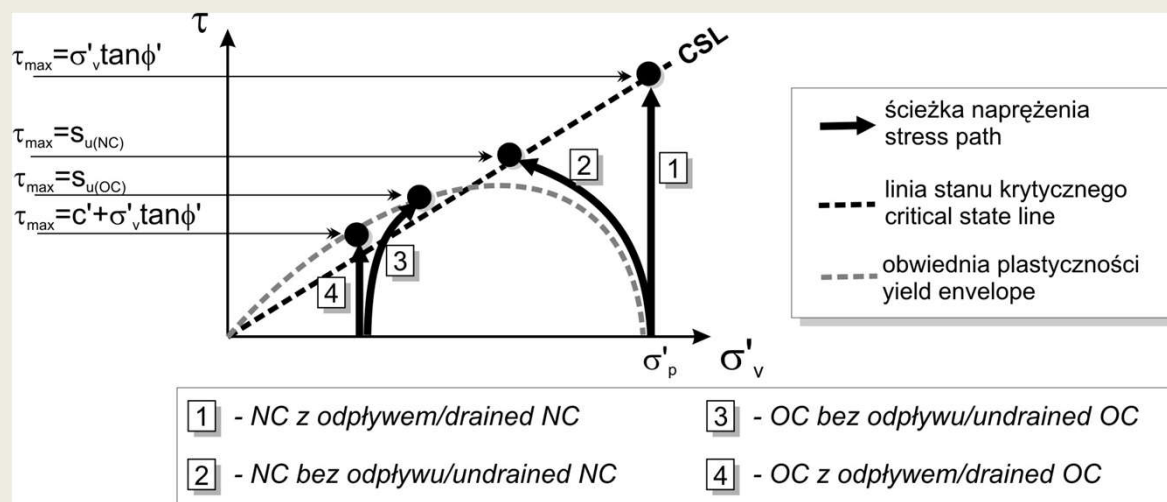
- stan naprężenia – σ [kPa]

- kąt tarcia wewnętrznego – ϕ' [°]

- spójność – c' [kPa]



- wytrzymałość na ścinanie bez odpływu – s_u [kPa]



EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

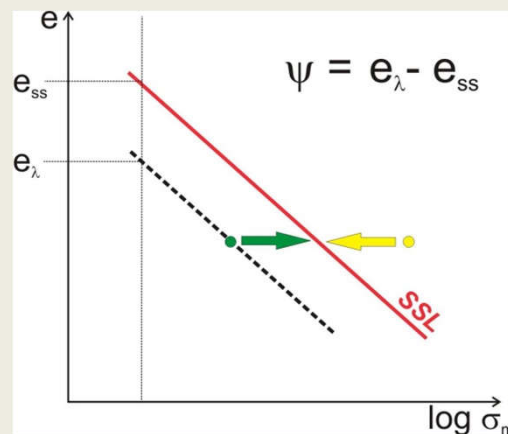
- moduły odkształcenia – ... [MPa]
- współczynnik Poissona – ν [-]
- wskaźnik przekonsolidowania (prekonsolidacji) – OCR [-]

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_{p(y)}}{\sigma'_{v0}}$$

- współczynnik parcia spoczynkowego – K_0 [-]

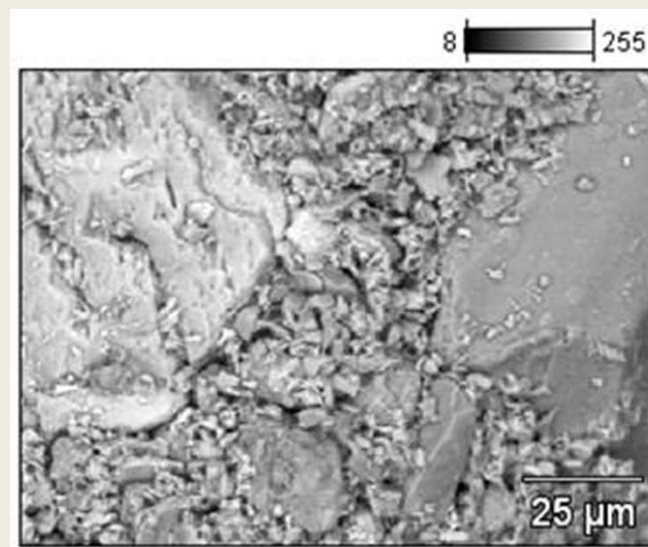
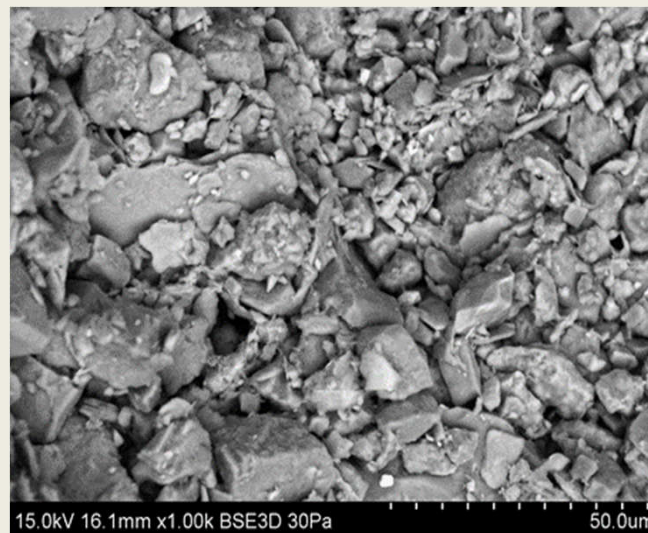
$$K_0 = \frac{\sigma'_{h0}}{\sigma'_{v0}}$$

- parametr stanu – ψ [-]



EGI:

FAZA STAŁA – SKŁAD GRANULOMETRYCZNY



EGI:

FAZA STAŁA – SKŁAD GRANULOMETRYCZNY

NORMA PN EN ISO 14688			NORMA PN-86/B-02480			
BARDZO GRUBOZIARNISTE	630 mm	LBo LARGE BOULDERS DUŻE GŁAZY	40 mm	f_k FRAKCJA KAMIENISTA	KAMIENIE	
	200 mm	Bo BOULDERS GŁAZY				
	63 mm	Co COBBLES KAMIENIE				
GRUBOZIARNISTE	20 mm	Gr CGr COARSE GRUBY MGr MEDIUM ŚREDNI	2,0 mm	f_z FRAKCJA ŻWIROWA	ZIARNA	
	6,3 mm					Sa CSa COARSE GRUBY MSa MEDIUM ŚREDNI
	2,0 mm		FSa FINE DROBNY			
	0,63 mm	f_p FRAKCJA PIASKOWA				
	0,2 mm			Si CSi COARSE GRUBY MSi MEDIUM ŚREDNI		
	0,063 mm		FSi FINE DROBNY			
DROBNOZIARNISTE	0,02 mm	Si CSi COARSE GRUBY MSi MEDIUM ŚREDNI			0,05 mm	f_π FRAKCJA PYLASTA
	0,0063 mm			FSi FINE DROBNY		
	0,002 mm		f_i FRAKCJA IŁOWA			
		Cl CLAY IŁ				

EGI:

FAZA STAŁA – SKŁAD GRANULOMETRYCZNY



US stand.	mm
No. 10	2.00
No. 18	1.00
No. 35	0.500
No. 60	0.250
No. 200	0.074
No. 230	0.063
No. 270	0.053

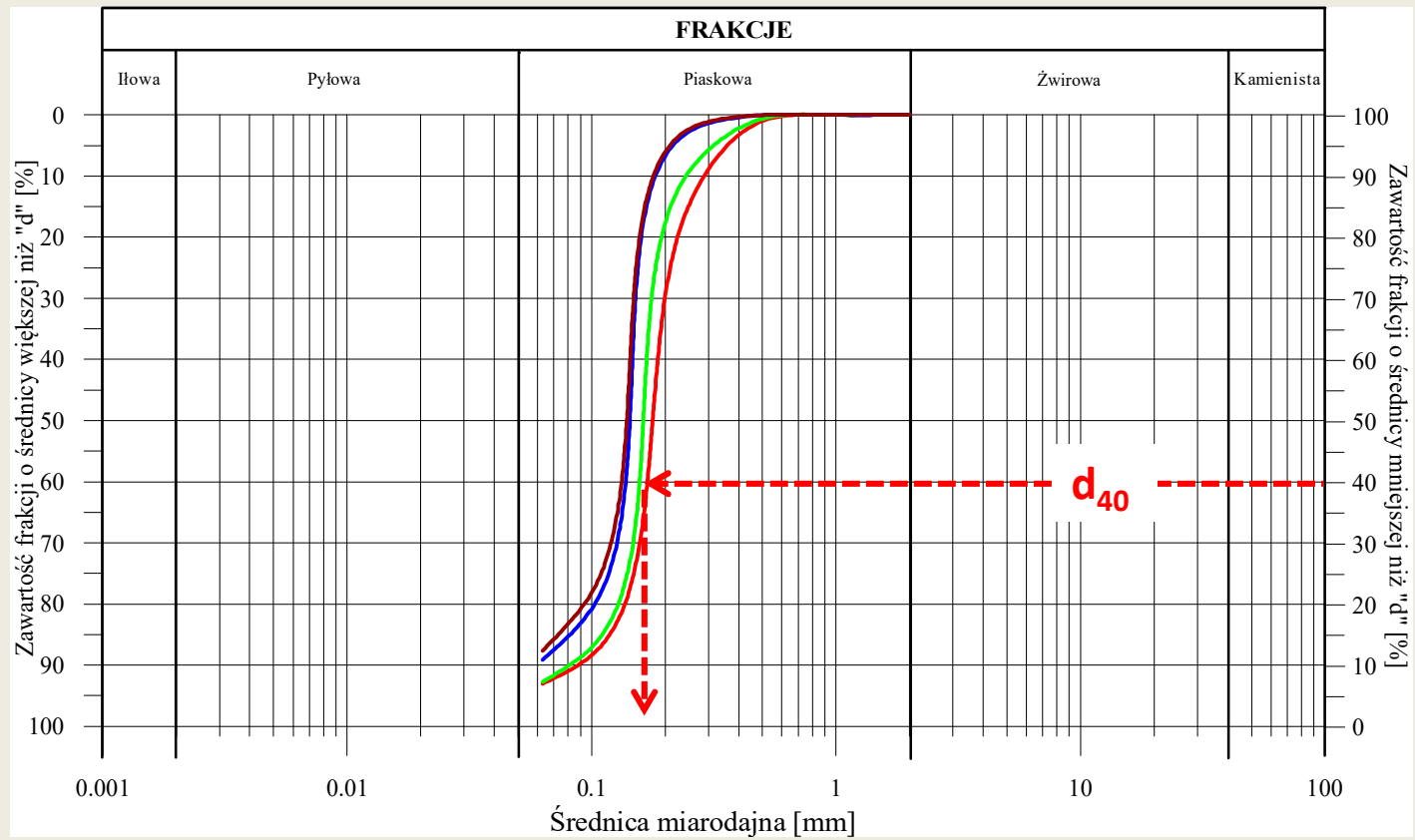
EGI:

FAZA STAŁA – SKŁAD GRANULOMETRYCZNY



EGI:

FAZA STAŁA – SKŁAD GRANULOMETRYCZNY



EGI:

KLASYFIKACJA GRUNTÓW

KLASYFIKACJE GRUNTU:

- **PN-86/B-2480 ≈ U.S. Dep. of Agriculture**
- **PN-EN ISO 14688 ↔ EUROCODE 7**
- **British Standard ≈ U.S. Unified Clas. System**
- **AASHTO Clas. System**

EGI: **KLASYFIKACJA GRUNTÓW**

PN-86/B-2480

mineralne

naturalne

antropogeniczne

organiczne

EGI: **KLASYFIKACJA GRUNTÓW**

PN-86/B-2480

mineralne

Nazwa gruntu	Symbol	Uziarnienie
Kamienisty	K	$d_{50} > 40$ mm
Gruboziarnisty	Ż, Żg, Po, Pog	$d_{50} \leq 40$ mm $d_{90} > 2$ mm
Drobnoziarnisty	niespoisty	$d_{90} \leq 2$ mm
	spoisty	

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-86/B-2480

mineralne

Nazwa gruntu	Symbol	Uziarnienie	
Żwir	ż	$f_i \leq 2\%$	$f_k + f_z > 50\%$
Żwir gliniasty	żg	$f_i > 2\%$	
Pospółka	Po	$f_i \leq 2\%$	$50\% \geq f_k + f_z > 10\%$
Pospółka gliniasta	Pog	$f_i > 2\%$	

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW**PN-86/B-2480****mineralne**

Nazwa gruntu	Symbol	Zawartość frakcji [%]			Wskazówki dodatkowe
		>2mm	>0,5mm	>0,25mm	
Piasek gruby	Pr	<10	>50		d>0,5 mm jest >50%
Piasek średni	Ps	<10	<50	>50	d>0,5 mm jest <50% d>0,25 mm jest >50%
Piasek drobny	Pd	<10	<50	<50	d<0,25 mm jest >50%
Piasek pylasty	Pπ	<10	<50	<50	$f_p = 68 \div 90\%$ $f_\pi = 10 \div 30\%$ $f_i = 0 \div 2\%$

EGI:

KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-86/B-2480

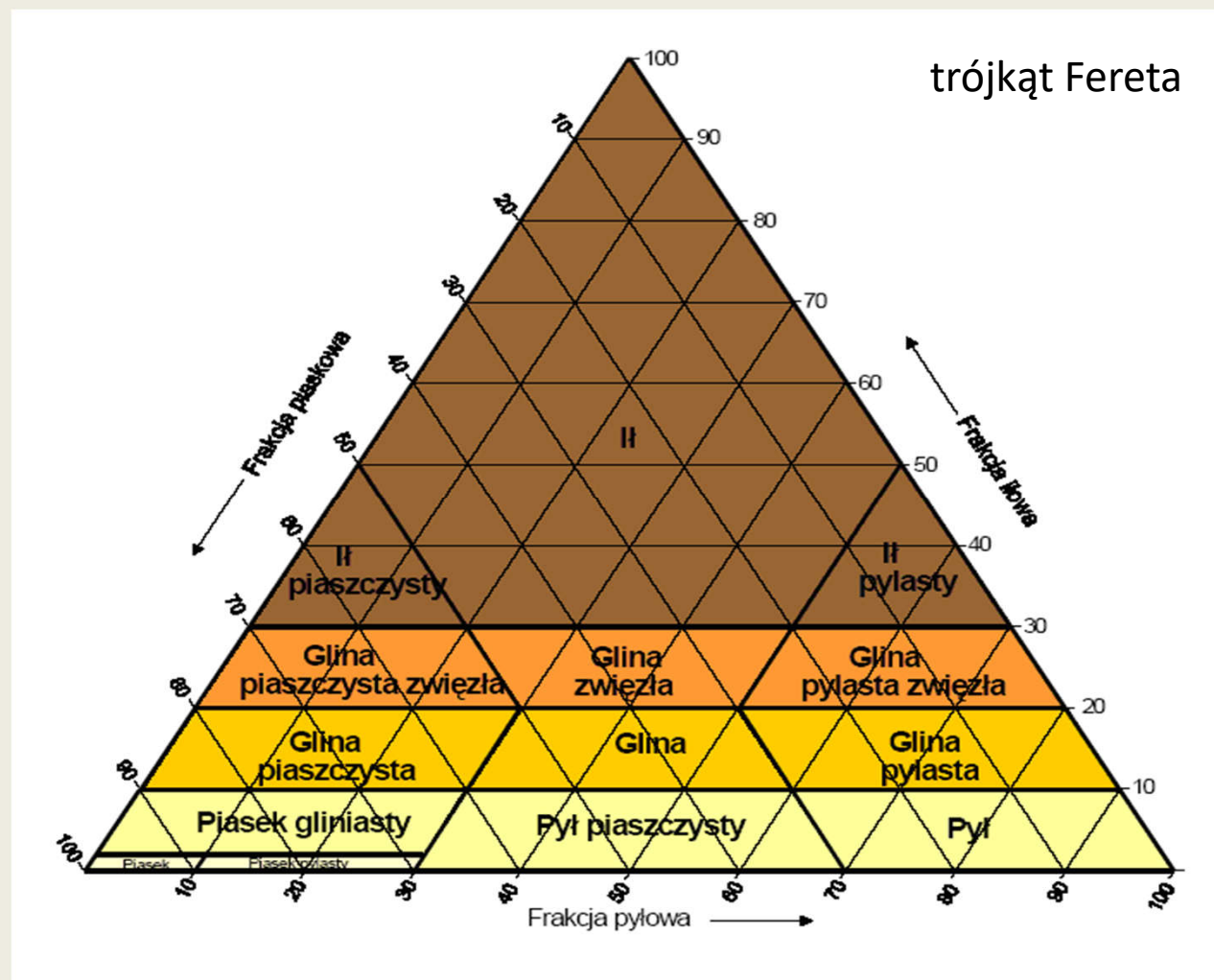
mineralne

Nazwa gruntu, Symbol	Zredukowane zawartości frakcji [%]		
	f. piaskowa	f. pyłowa	f. ilowa
Piasek gliniasty - Pg	60-98	0-30	2-10
Pył piaszczysty - Пр	30-70	30-70	0-10
Pył - П	0-30	60-100	0-10
Gлина piaszczysta - Gp	50-90	0-30	10-20
Gлина - G	30-60	30-60	10-20
Gлина pylasta - Gπ	0-30	30-90	10-20
Gлина piaszczysta zwięzła - Gpz	50-80	0-30	20-30
Gлина zwięzła - Gz	20-50	20-50	20-30
Gлина pylasta zwięzła - Gπz	0-30	50-80	20-30
Ił piaszczysty - Ip	50-70	0-20	30-50
Ił - I	0-50	0-50	30-100
Ił pylasty - Iπ	0-20	50-70	30-50

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-86/B-2480

mineralne



EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-86/B-2480

organiczne

Nazwa gruntu	Symbol	Zawartość części organicznych [%]
Grunty próchniczne	H	$2 < I_{om} \leq 5$
Namuły:	Nm	$5 < I_{om} \leq 30$
• piaszczyste	Nmp	
• gliniaste	Nmg	
Gytie	Gy	$5 < I_{om} \leq 30, CaCO_3 > 5\%$
Torfy	T	$I_{om} > 30$

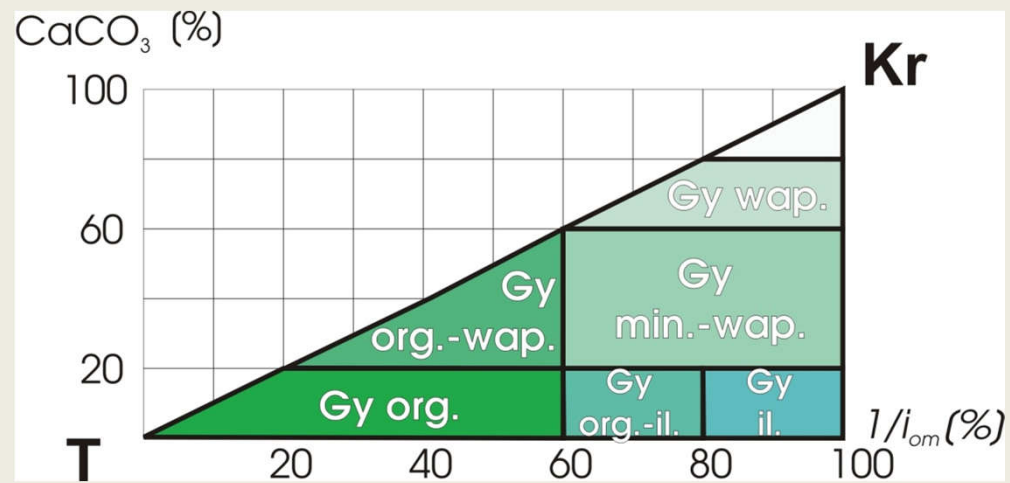
EGI:

KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-86/B-2480

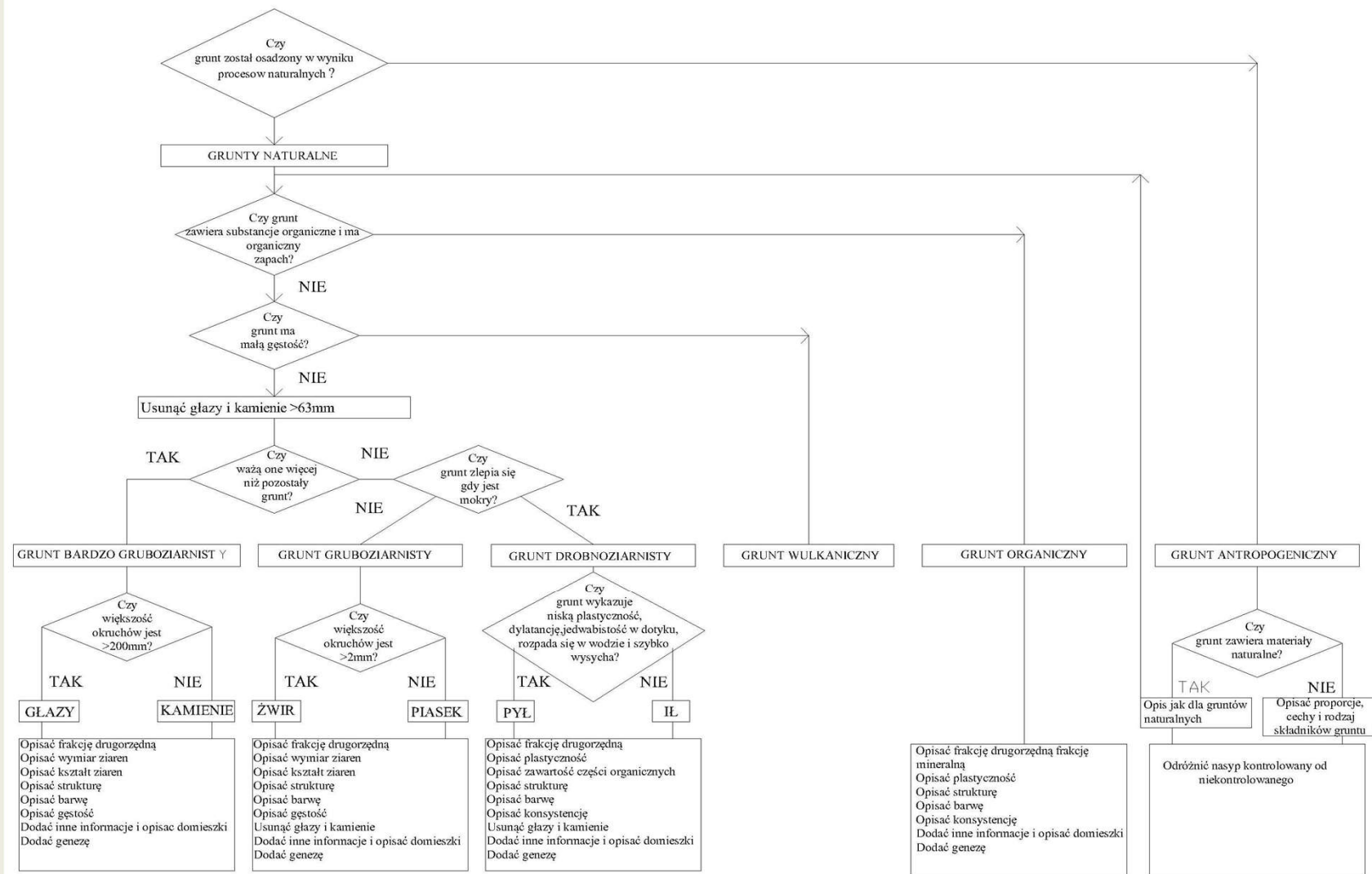
organiczne

Gytie



EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688



EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

**CZY GRUNT ZOSTAŁ OSADZONY
W SPOSÓB NATURALNY ?**



NATURALNY

ANTROPOGENICZNY

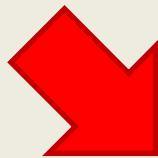
**CZY GRUNT ZAWIERA SUBSTANCJE
ORGANICZNE ?**



ORGANICZNY

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688



CZY GRUNT MAŁĄ GĘSTOŚĆ ?



WULKANICZNY



**USUNĄĆ FRAKCJĘ > 63 mm
CZY JEST JEJ WIĘCEJ NIŻ POZOSTAŁOŚCI**



BARDZO GRUBOZIARNISTY



EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688



CZY GRUNT SIĘ ZLEPIA ?



DROBNOZIARNISTY



GRUBOZIARNISTY

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688



DROBNOZIARNISTY



GRUBOZIARNISTY

**CZY GRUNT WYKAZUJE
NISKĄ PLASTYCZNOŚĆ,
DYLATANCJĘ...?**

**CZY WIĘKSZOŚĆ
OKRUCHÓW > 2mm?**



PYŁ

IŁ



ŻWIR

PIASEK



EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

ŻWIR

PIASEK

PYŁ

IŁ

-opisać wymiary ziaren frakcji 1. oraz opisać frakcję 2. i 3. rzędną,
-zidentyfikować frakcje drobne,
-zidentyfikować zawartość części organicznych,
-opisać genezę,
-*opisać: skład granulometryczny, kształt ziaren, wytrzymałość ziaren, skład mineralogiczny, zawartość frakcji drobnych, barwę, strukturę*

-opisać frakcję 1. rzędną oraz 2. i 3. rzędną,
-zidentyfikować zawartość części organicznych,
-opisać genezę
-*opisać: skład granulometryczny, skład mineralogiczny, konsystencję, barwę, strukturę*

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

FRAKCJA 1. RZĘDNA (decyduje o właściwościach inżynierskich):

- w gruboziarnistych można przyjąć dwie równoważne nazwy (Gr/Sa),
- w drobnoziarnistych wiodącą cechą jest plastyczność gruntu, nie wielkość ziaren,
- w drobnoziarnistych przejściowych można używać nazw mieszanych, jeżeli zachowanie jest na pograniczy Si/Cl (siCl lub clSi)

FRAKCJA 2. RZĘDNA (wpływa na właściwości inżynierskie):

- frakcja gruboziarnista może być poprzedzona określeniem „slightly” lub „very”,
- frakcja drobnoziarnista określana jest jako „silty” lub „clayey”,

przykłady: sandy Gravel; coarse sandy fine Gravel; medium sandy Silt; fine gravelly, coarse sandy Silt, slightly medium sandy Clay.

FRAKCJA 3. RZĘDNA opisywana jest tylko gdy wskazuje na genezę (np. obecność ziaren jakiegoś minerału), ta frakcja nie wpływa na właściwości inżynierskie.

PN-EN ISO 14688

FRAKCJA 1. RZĘDNA procedura oznaczania:

- badania terenowe + badania laboratoryjne (w celu uzupełnienia),
- terenowe określenie składu granulometrycznego:
 - gruboziarniste nie skleją się,
 - >0,063mm widoczne gołym okiem,
 - 2mm łatwo oceniamy makroskopowo, podobnie proporcje piasku i żwiru,
 - 2mm to największa średnica, która wykazuje spójność pozorną;
- terenowe określenie frakcji drobnych:
 - formujemy kulkę o średnicy 2,5cm i badamy:
 - dylatancję,
 - nacisk przy waleczkowaniu,
 - plastyczność przy waleczkowaniu,
 - wytrzymałość w stanie suchym,
 - odczucie dotyku,
 - zachowanie w stanie suchym i nawodnionym,
 - spójność.

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

granulometria - badania terenowe

Rodzaj testu	Pył (Si)	Pył/Ił (Si/Cl)	Ił (Cl)
Wytrzymałość w stanie suchym	Mała: wysuszony grunt pod lekkim lub średnim naciskiem palca rozpada się na pojedyncze ziarna	Średnia: wysuszony grunt pod wyraźnym naciskiem palców rozpada się na mniejsze bryłki	Duża: grudka gruntu wysuszonego nie daje się rozdrobnić pod naciskiem palców, może być jedynie rozłamana
Dylatacja: reakcja przy wstrząsaniu próbki wilgotnego gruntu o wymiarach 25 mm podczas przerzucania go między dłońmi lub przy naciskaniu palcami	Na powierzchni gruntu woda pojawia się i znika szybko		Wstrząsanie i nacisk nie dają efektu, woda się nie pojawia

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

granulometria - badania terenowe

Rodzaj testu		Pył (Si)	Pył/Ił (Si/Cl)	Ił (Cl)
Plastyczność (Spoistość, zwięzłość)		Mała: nie można wykonać waleczka o średnicy 3mm	Średnia: wałeczkuje się łatwo i szybko traci tę zdolność	Duża: próbka gruntu daje się waleczkować do uzyskania cienkich waleczków
Zawartość piasku, pyłu, iłu	Rozcieranie gruntu palcami, ewentualnie w wodzie	Przy rozcieraniu grunt gładki lub szorstki, grunt łatwo zmyć lub zdmuchnąć z palców		W dotyku przypomina mydło, przykleja się do palców, grunt trudno zmyć lub zdmuchnąć z palców
	Rozcinanie wilgotnego gruntu nożem lub zarysowanie paznokciem	Powierzchnia matowa		Powierzchnia próbki błyszcząca

EGI: **KLASYFIKACJA GRUNTÓW**

PN-EN ISO 14688

CaCO₃ - badania terenowe

Rodzaj testu	Klasa zawartości węglanów	Reakcja roztworu HCl
Badanie zawartości węglanów	grunt bezwapnisty (0)	nie reaguje z kwasem solnym
	grunt mało wapnisty (+)	pieni się słabo i lokalnie pod wpływem kropli kwasu
	grunt wapnisty (++)	pieni się wyraźnie ale nie intensywnie
	grunt silnie wapnisty (+++)	intensywnie pieni się pod wpływem kwasu solnego

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

konsystencja - badania terenowe

Konsystencja (stan)	Opis makroskopowy
Bardzo miękkoplastyczna	Przy ściskaniu wydostaje się między palcami; palec wciskamy na 25 mm
Miękkoplastyczna	Można go formować przy lekkim nacisku palców; palec wciskamy na 10 mm
Plastyczna	Nie może być formowany palcami, lecz może być waleczkowany w reku do waleczka o średnicy 3 mm bez spękań i rozdrabniania się
Twardoplastyczna	Rozpada się i pęka podczas waleczkowania do waleczka o średnicy 3 mm, lecz jest ciągle dostatecznie wilgotny, aby ponownie uformować z niego bryłkę
Zwarta	Jeśli jest wysuszony, najczęściej ma jasną barwę. Nie można z niego uformować kulki; rozdrabia się pod naciskiem. Można go zarysować paznokciem

EGI: **KLASYFIKACJA GRUNTÓW**

PN-EN ISO 14688

organiczne - badania terenowe

Termin	Opis
Torf włóknisty	Struktura włóknista, łatwo rozpoznawalne tkanki roślinne, zachowuje pewną wytrzymałość
Torf pseudowłóknisty	Rozpoznawalne tkanki roślinne, brak wytrzymałości rozpoznawalnego materiału roślinnego
Torf amorficzny	Brak widocznych struktur roślinnych, konsystencja papkowata
Gytia	Rozłożone szczątki roślinne i zwierzęce, może zawierać składniki nieorganiczne
Humus	Pozostałość roślin, żywe organizmy i ich odchody razem ze składnikami nieorganicznymi, tworzy grunt na powierzchni terenu (warstwę przypowierzchniową)

EGI: **KLASYFIKACJA GRUNTÓW**

PN-EN ISO 14688

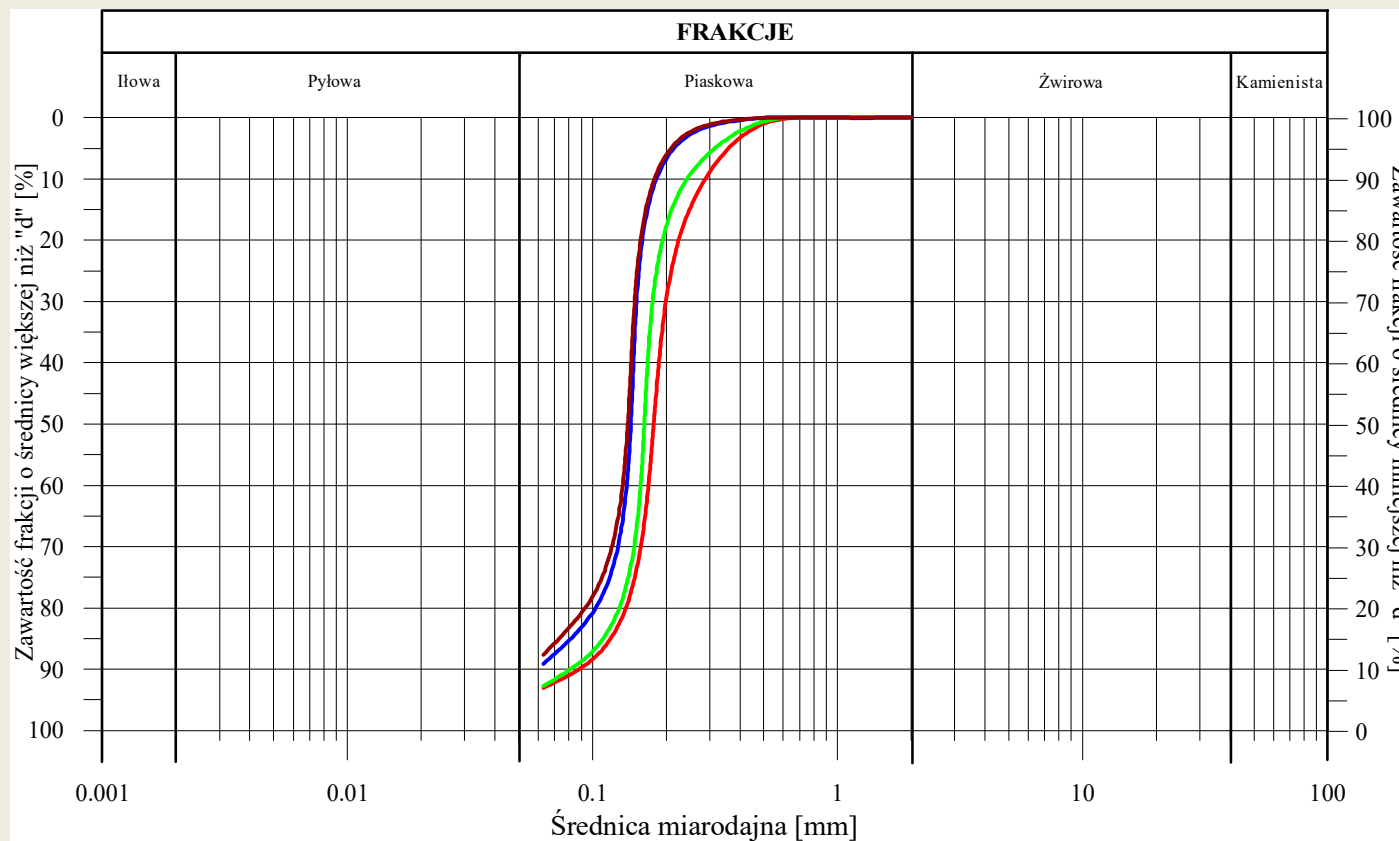
organiczne

Grunt	Zawartość części organicznych ($\leq 2\text{mm}$) [%] suchej masy
Niskoorganiczny	2 - 6
Organiczny	6 - 20
Wysokoorganiczny	>20

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

granulometria - badania laboratoryjne



wskaźnik jednorodności - C_u

wskaźnik krzywizny - C_c

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

granulometria - badania laboratoryjne

Charakterystyka krzywej uziarnienia według PN-EN ISO 14688-2:2017	C_U	C_C
Jednorodnie uziarnione	<3	<1
Słabo uziarnione	3 - 6	<1
Średnio uziarnione	6-15	<1
Dobrze uziarnione	>15	1-3
Dwufrakcyjne	>15	<0,5

EGI: **KLASYFIKACJA GRUNTÓW**

PN-EN ISO 14688

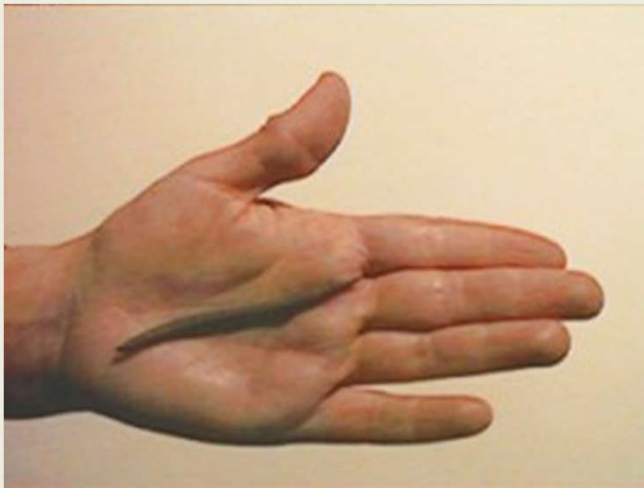
plastyczność - badania laboratoryjne

w_n – wilgotność naturalna gruntu, %

granice Atterberga:

w_L – granica płynności, %

w_p – granica plastyczności, %

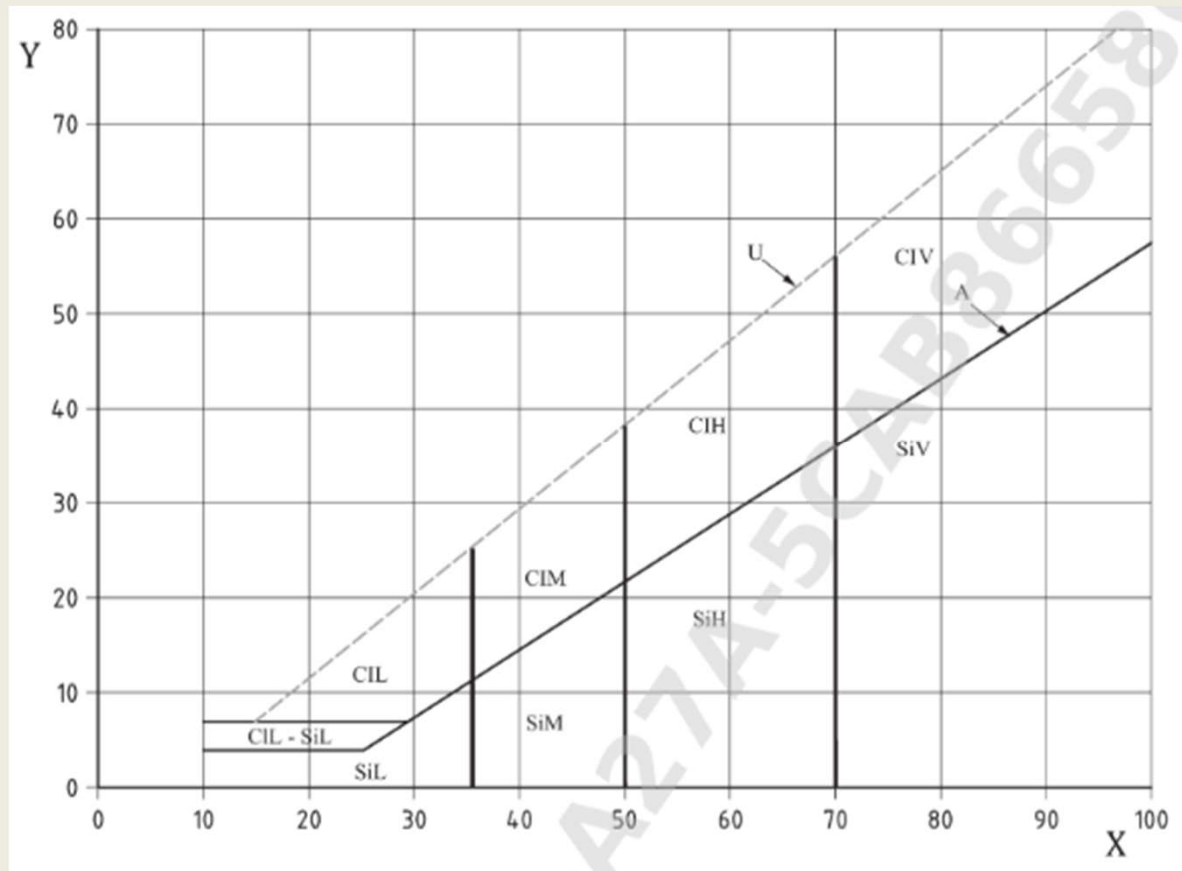


EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

plastyczność - badania laboratoryjne

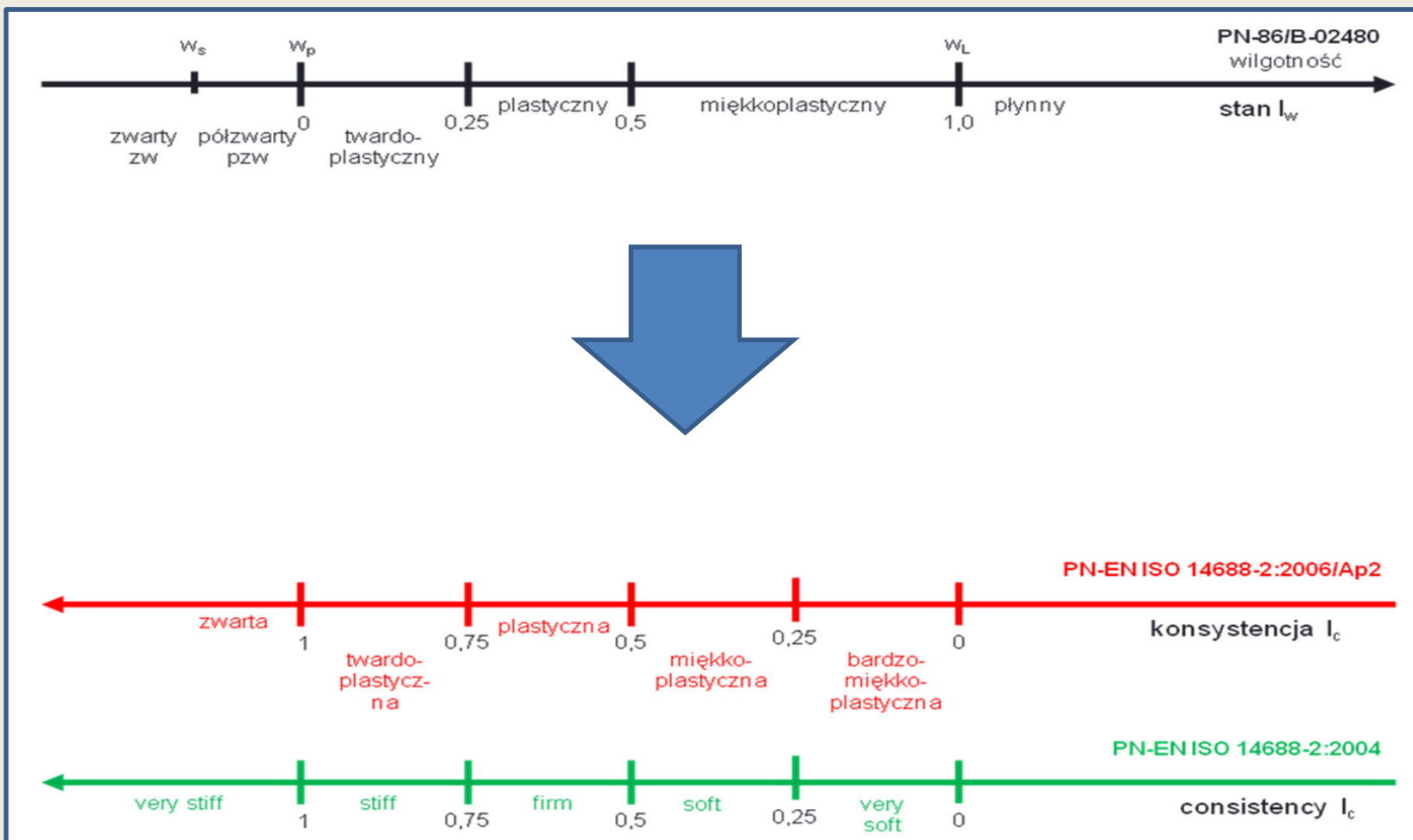
Diagram plastyczności:



EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

konsystencja - badania laboratoryjne



EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

zagęszczenie - badania laboratoryjne

PN EN ISO 14688-2:2017		PN-86/B-02480	
Grunty	I_D [%]	Stany	I_D
Bardzo luźne	0 - 15		
Luźne	15 - 35	Luźny	$0 < I_D \leq 0,33$
Średnio zagęszczony	35 - 65	Średnio zagęszczony	$0,33 < I_D \leq 0,67$
Zagęszczone	65 - 85	Zagęszczone	$0,67 < I_D \leq 0,80$
Bardzo zagęszczone	85 - 100	Bardzo zagęszczone	$I_D > 0,80$

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

wytrzymałość na ścinanie bez odpływu

Określenie	$c_u (s_u)$ [kPa]
Ekstremalnie niska	<10
Bardzo niska	10 - 20
Niska	20 – 40
Średnia	40 – 75
Wysoka	75 – 150
Bardzo wysoka	150 - 300
Ekstremalnie wysoka	>300

EGI: KLASYFIKACJA GRUNTÓW

PN-EN ISO 14688

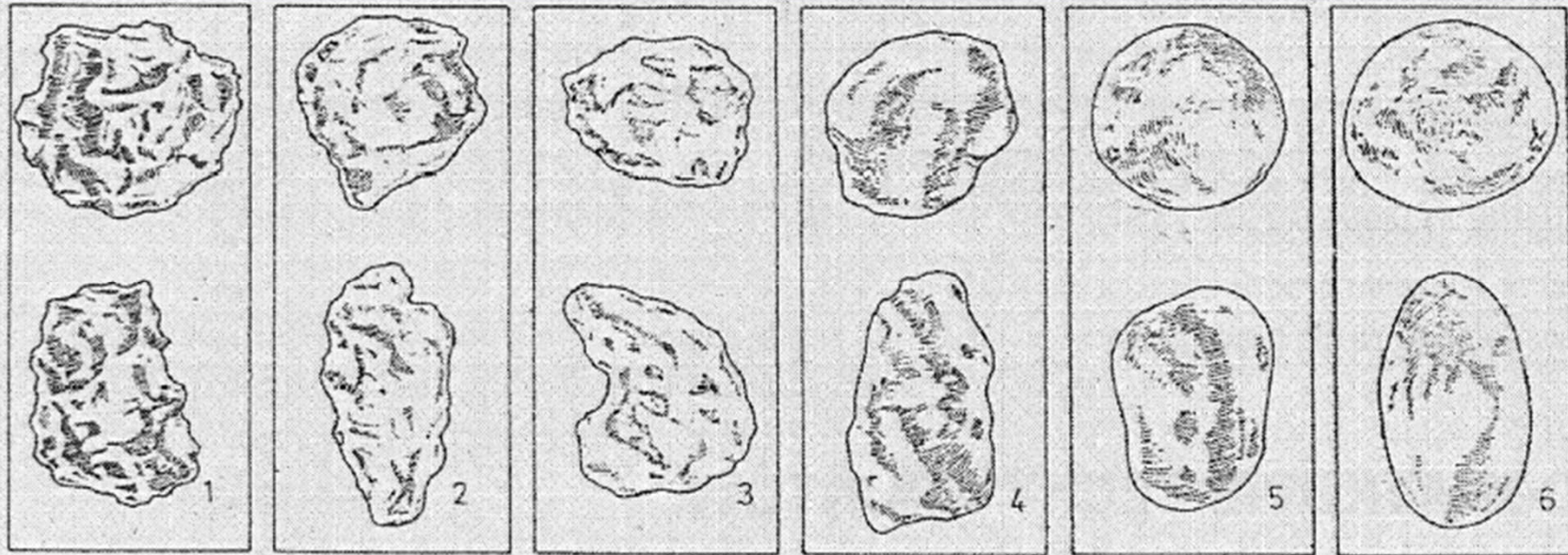
kształt

Parametr	Kształt cząstki
Ostrość krawędzi – stopień obtoczenia	Bardzo ostrokrawędzisty Ostrokrawędzisty Słabo ostrokrawędzisty Słabo obtoczony Obtoczony Dobrze obtoczony
Forma	Sześcienna Płaska Wydłużona
Charakter powierzchni	Szorstka Gładka

EGI: **KLASYFIKACJA GRUNTÓW**

PN-EN ISO 14688

kształt



- górny rząd: ziarna o kształcie kulistym
- dolny rząd: ziarna o kształcie wydłużonym

1 – bardzo ostrokrawędziste, 2 – ostrokrawędziste, 3 – słabo ostrokrawędziste, 4 – słabo obtoczone, 5 – obtoczone, 6 – dobrze obtoczone

EGI:

KLASYFIKACJA GRUNTÓW

Mg – grunty antropogeniczne

M – grunty morskie

R – grunty rzeczne (**R_{CH}** – korytowe, **R_{FP}** – tarasów zalewowych, **R_T** – tarasów nadzalewowych, **R_D** – deltowe)

L – grunty jeziorne

O – grunty organiczne (**O_R** – organiczne rzeczne, **O_S** – organiczne bagienne, **O_L** – organiczne jeziorne, **O_H** – organiczne zastoiskowe)

EGI: **KLASYFIKACJA GRUNTÓW**

E – grunty eoliczne (**E_D** – grunty w wydmach, **E_L** – lessy i utwory lessopodobne)

GL – grunty lodowcowe (**GL_M** – morenowe, **GL_F** – fluwioglacjalne, **GL_H** – zastoiskowe)

W – zwietrzeliny (**W_{RU}** – rumosze, **W_{RUE}** – rezidua)

D – deluwia

C – koluwia

EGI:

KONTROLA STANU OBWAŁOWAŃ

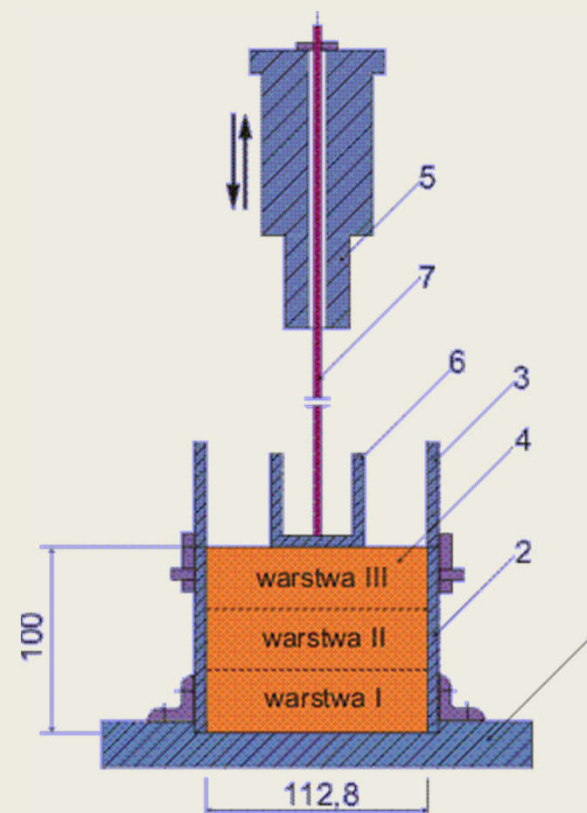
Rodzaj gruntu	Zawartość frakcji > 2 mm (%)	Wymagane zagęszczenie			
		Korpusy zapór ziemnych		Korpusy wałów nowych	
		Wysokość $h < 15$ m	Wysokość $h > 15$ m	I, II klasa	III, IV klasa
Grunty spoiste	0-10	$I_{Sw} \geq 0,95$	$I_{Sw} \geq 0,98$	$I_{Sw} \geq 0,95$	$I_{Sw} \geq 0,92$
	10-50	$I_{Sw} \geq 0,92$	$I_{Sw} \geq 0,95$	$I_{Sw} \geq 0,92$	
Grunty niespoiste	piaski drobne	$I_{Dw} \geq 0,75$		$I_{Dw} \geq 0,70$	$I_{Dw} \geq 0,55$
	piaski średnie	$I_{Dw} \geq 0,70$			
	piaski grube i grunty gruboziamiste	$I_{Dw} \geq 0,65$		$I_{Dw} \geq 0,65$	

Warunki techniczne wykonania i odbioru. Roboty ziemne, 1994.

Red. W. Woski, J. Mirecki, K. Mosiej, Warszawa MOSZNiL

EGI:

BADANIE PROCTORA



- 1 - podstawa
- 2 - cylinder
- 3 - nadstawka
- 4 - warstwy gruntu
- 5 - ubijak
- 6 - podstawa ubijaka
- 7 - prowadnica

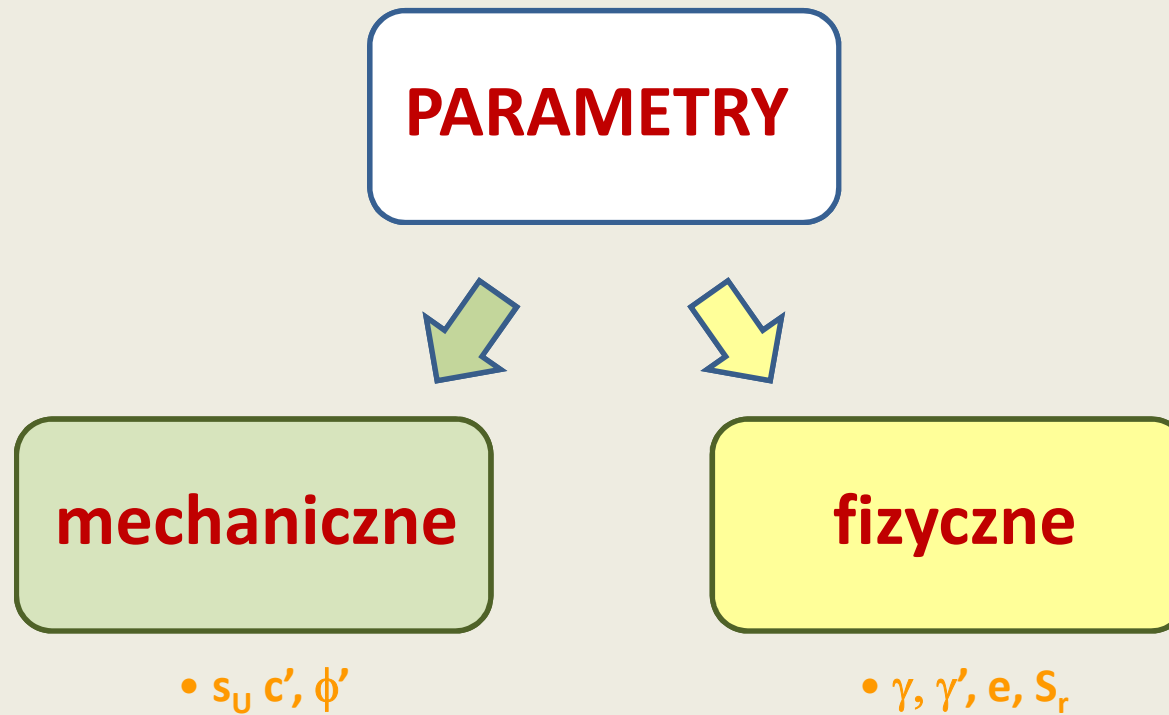
EGI:

BADANIE PROCTORA

Metoda	Cylinder	Rodzaj ubijaka	Liczba warstw	Liczba uderzeń	Wysokość opuszczania ubijaka [cm]	Jednostkowa energia zagęszczania [J/cm ³]	Wymiar oczek sita do przesiewu [mm]
I	mały	lekki	3	25	32,0	0,59	6
II	duży	lekki	3	55	32,0	0,59	10
III	mały	ciężki	5	25	48,0	2,65	6
IV	duży	ciężki	5	55	48,0	2,65	10

EGI:

INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY – parametry (przypomnienie)



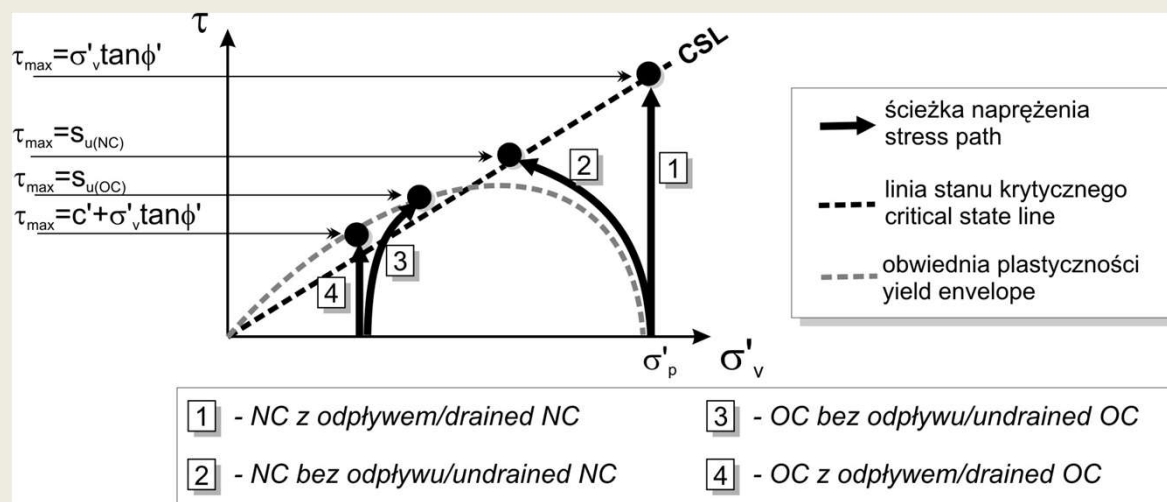
EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

- stan naprężenia – σ [kPa]

- kąt tarcia wewnętrznego – ϕ' [°]

- spójność – c' [kPa]

- wytrzymałość na ścinanie bez odpływu – s_u [kPa]



EGI: INŻYNIERSKI OPIS LITOSFERY - parametry

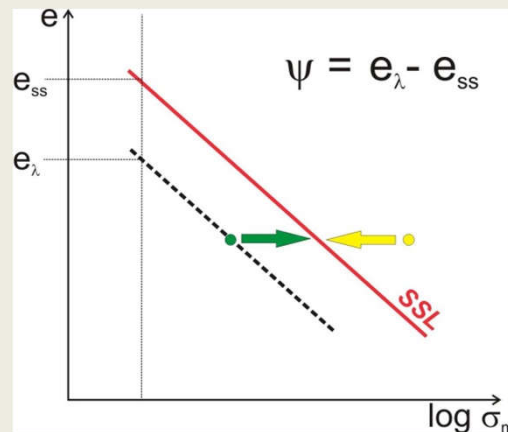
- moduły odkształcenia – ... [MPa]
- współczynnik Poissona – ν [-]
- wskaźnik przekonsolidowania (prekonsolidacji) – OCR [-]

$$\text{OCR} = \frac{\sigma'_{p(y)}}{\sigma'_{v0}}$$

- współczynnik parcia spoczynkowego – K_0 [-]

$$K_0 = \frac{\sigma'_{h0}}{\sigma'_{v0}}$$

- parametr stanu – ψ [-]



EGI:

STAN NAPRĘŻENIA

NAPRĘŻENIE – graniczna wartość stosunku siły działającej na nieskończenie mały element pola przekroju ciała do wymiaru tego pola.

$$\sigma = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta N}{\Delta A}$$

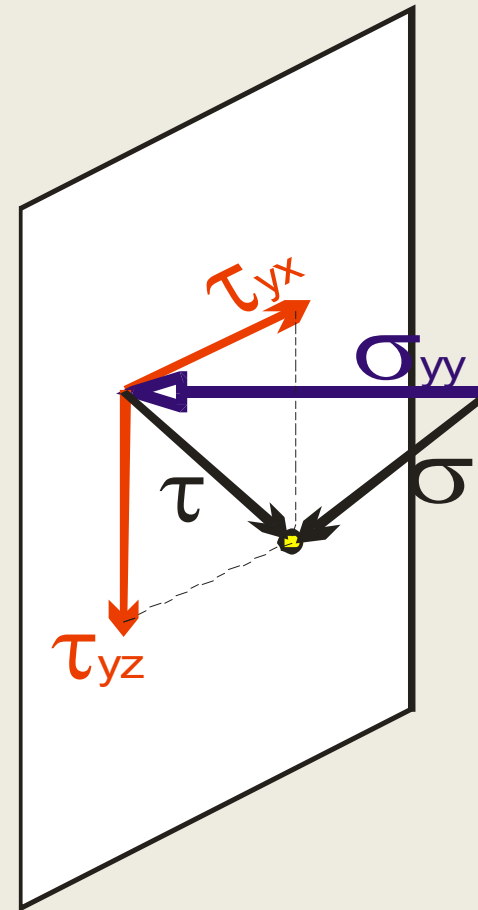
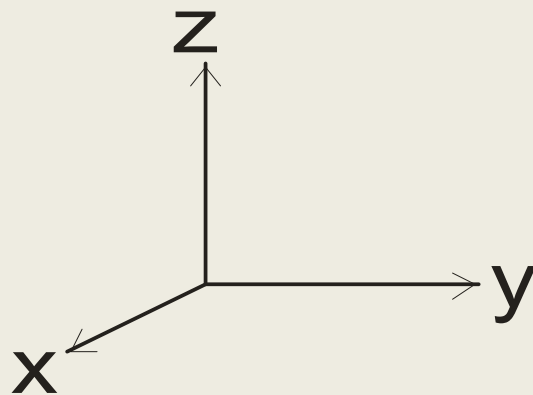
Naprężenia w punkcie – czysto teoretyczne;



Naprężenie na powierzchni, którą charakteryzuje.

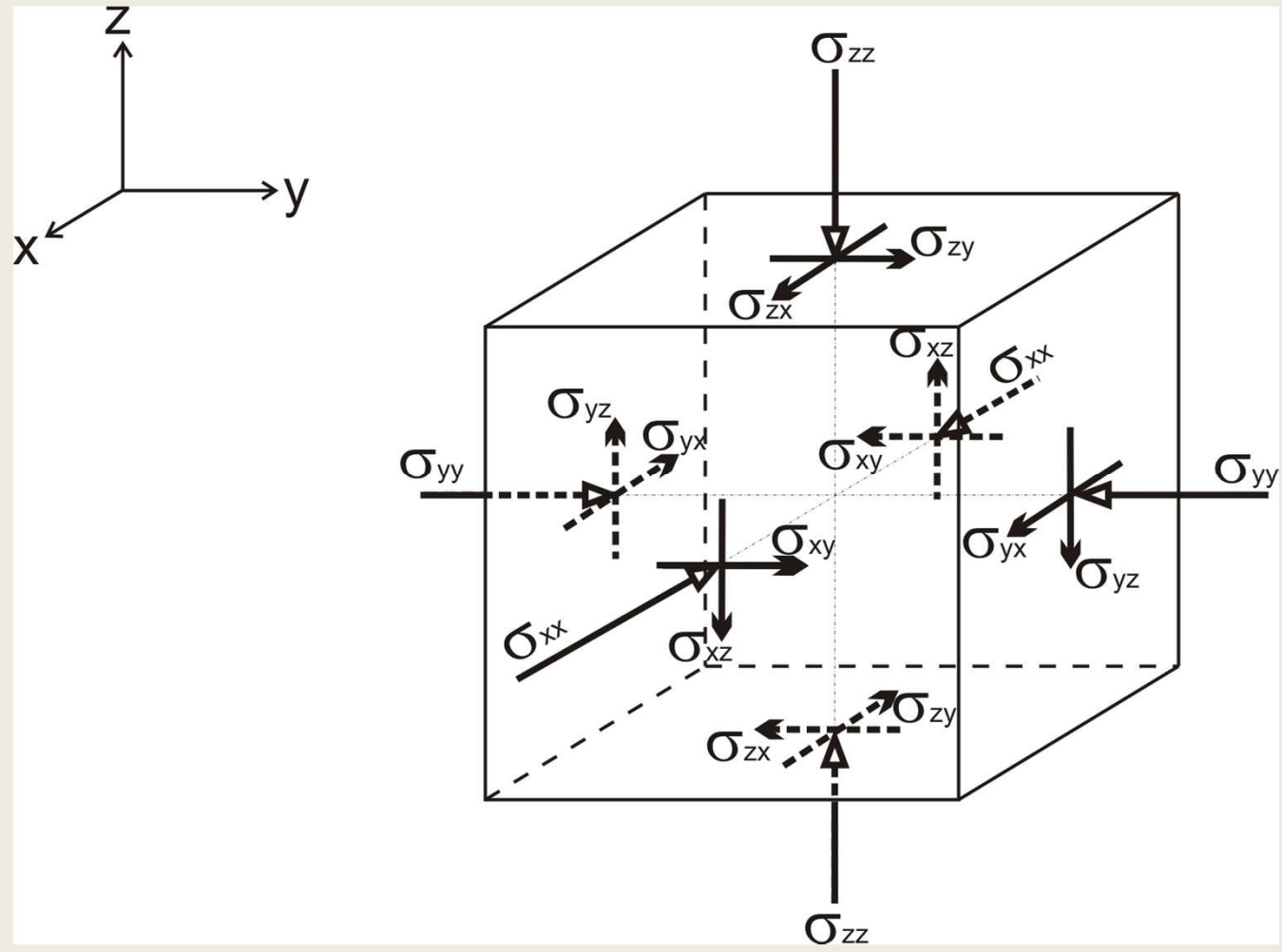
EGI: STAN NAPRĘŻENIA

NA PŁASZCZYŹNIE



EGI: STAN NAPRĘŻENIA

W PRZESTRZENI



EGI: STAN NAPRĘŻENIA

W PRZESTRZENI

TENSOR
NAPRĘŻENIA

$$\sigma_{ij} = \begin{bmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{bmatrix}$$

EGI: STAN NAPRĘŻENIA

W PRZESTRZENI

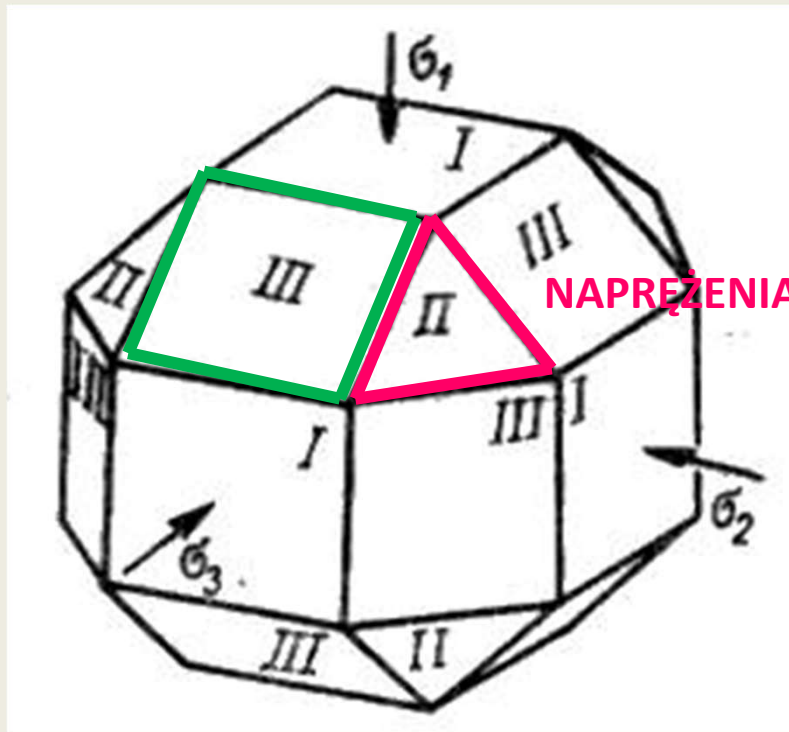
DEWIATOR NAPRĘŻENIA

$$\tau_1 = \frac{\sigma_2 - \sigma_3}{2}$$

$$\tau_2 = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

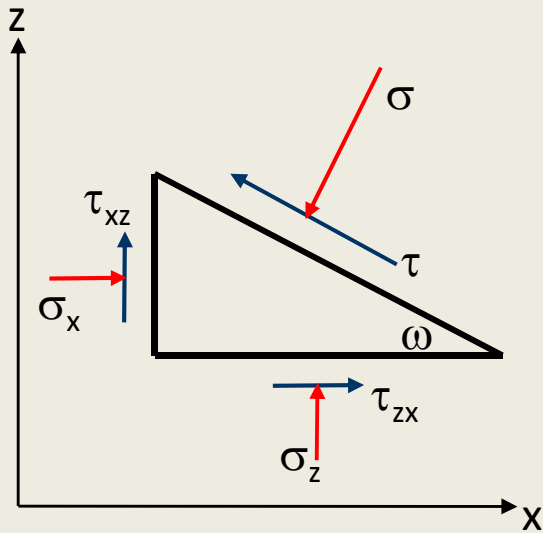
$$\tau_3 = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2}$$

NAPRĘŻENIA GŁÓWNE



EGI: STAN NAPRĘŻENIA

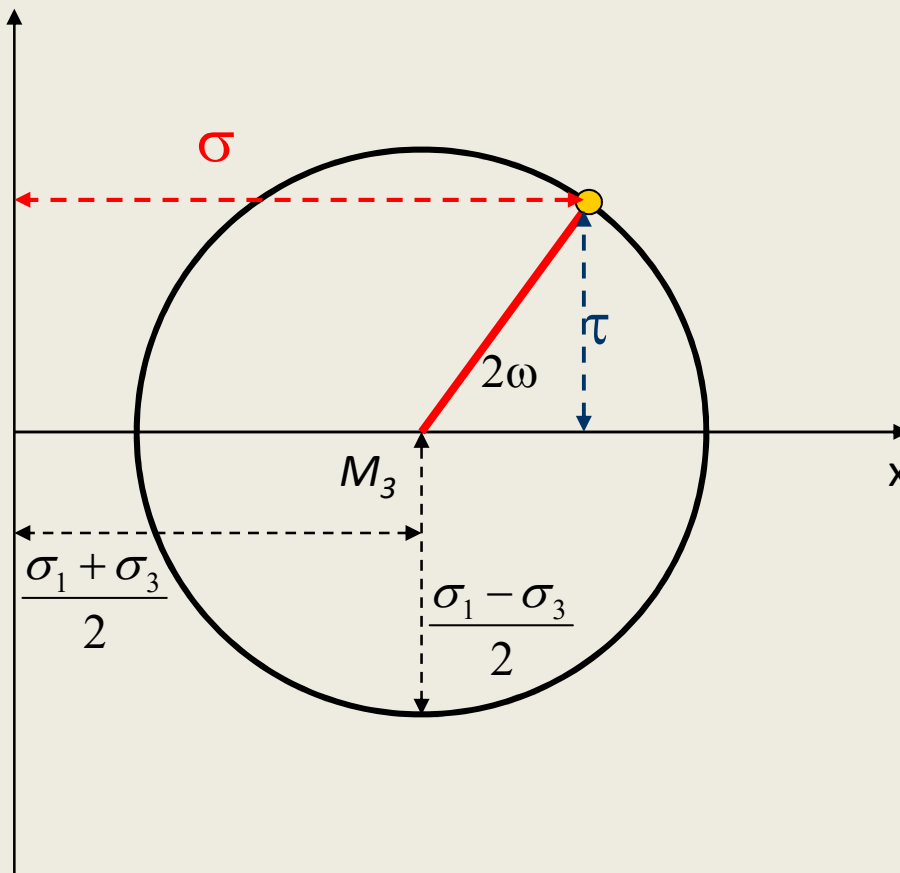
KOŁA MOHRA NA PŁASZCZYŹNIE



$$\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2} + \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \cos 2\omega$$

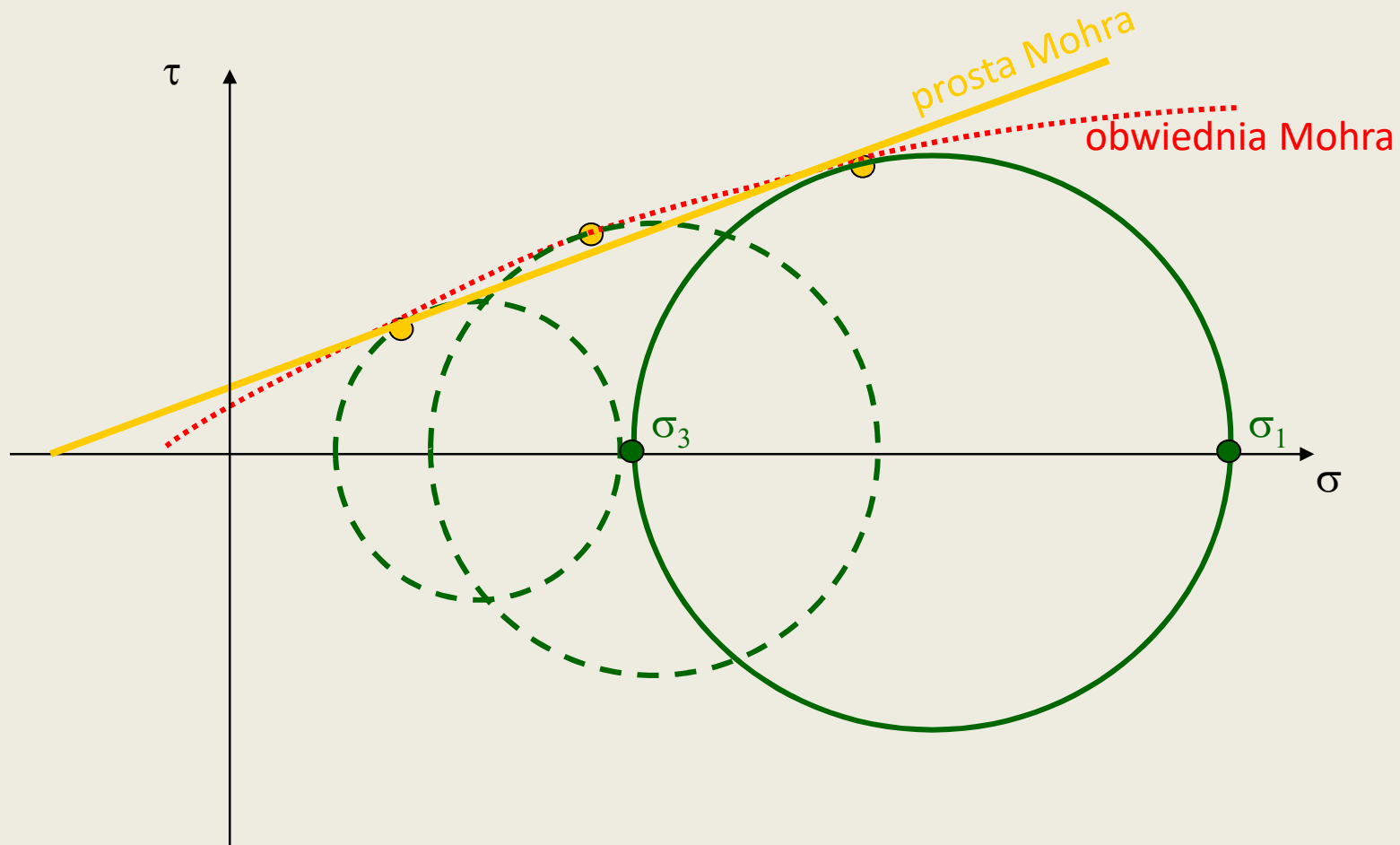
$$\tau = \frac{1}{2} (\sigma_1^2 - \sigma_3^2) \sin 2\omega$$

KOŁA MOHRA NA PŁASZCZYŹNIE



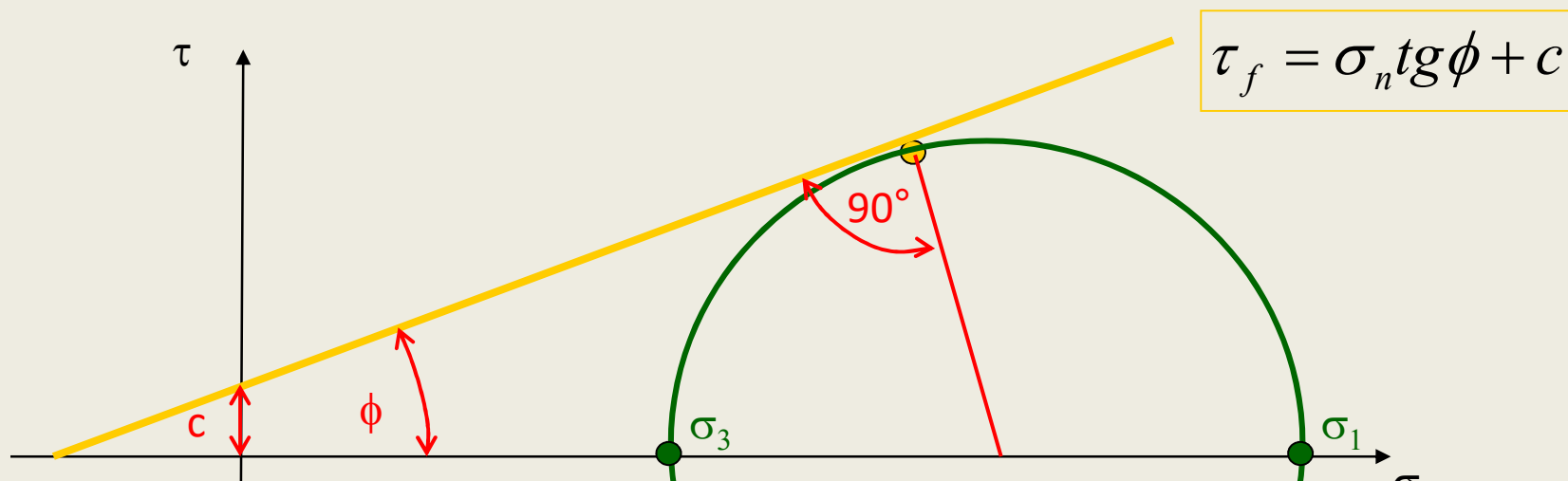
EGI: STAN NAPRĘŻENIA

KOŁA MOHRA NA PŁASZCZYŹNIE



EGI: STAN NAPRĘŻENIA

KOŁA MOHRA NA PŁASZCZYŹNIE



$$\sigma_1 = \sigma_3 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) + 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$K_p = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$\sigma_3 = \sigma_1 \cdot \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right) - 2c \cdot \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

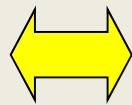
$$K_a = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)$$

EGI: STAN NAPRĘŻENIA

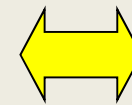
WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

warunek granicznej wartości naprężeń stycznych

$$|\tau| < \tau_f$$



$$|\tau| = \tau_f$$



$$|\tau| > \tau_f$$



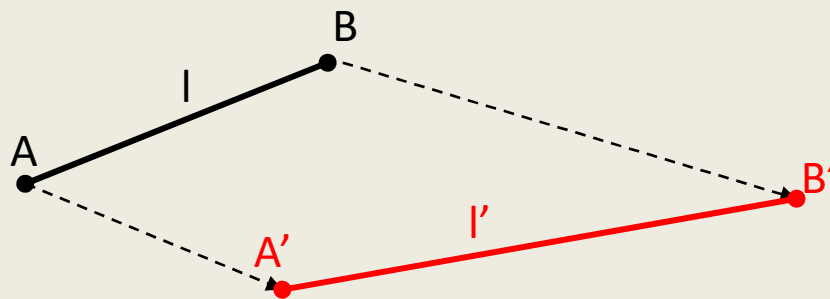
$$|\tau| = f(\sigma_n)$$

$$\tau_f = \sigma_n \operatorname{tg} \phi + c$$

EGI:

STAN ODKSZTAŁCENIA

ZAŁOŻENIA



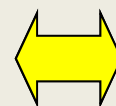
$A \rightarrow A'$
 $B \rightarrow B'$

$l \neq l'$



ODKSZTAŁCENIE

$\sigma = const.$

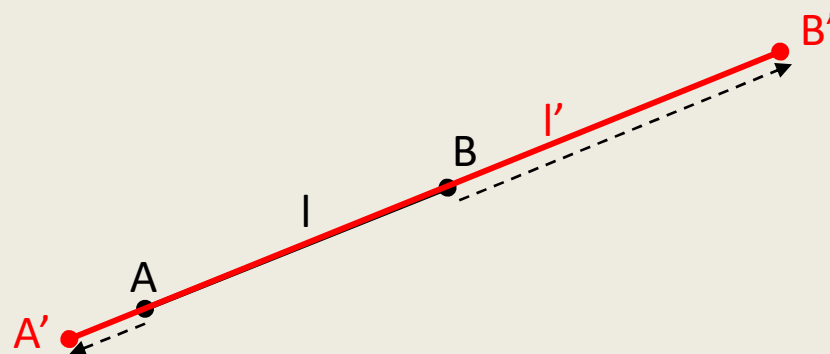


$u_x(x, y, z)$

$u_y(x, y, z)$

$u_z(x, y, z)$

MIARA ODKSZTAŁCENIA LINIOWEGO



$$\varepsilon_l = \int_{l_0}^{l'} \frac{dl}{l} = \ln \frac{l'}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} - \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta l}{l_0} \right)^2 + \dots$$



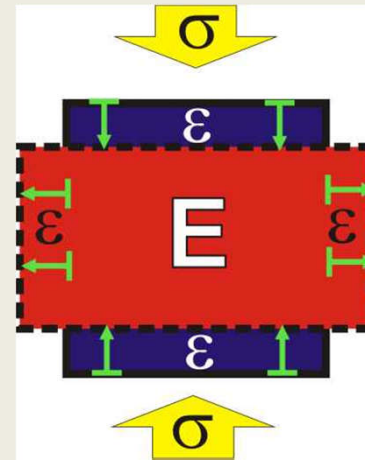
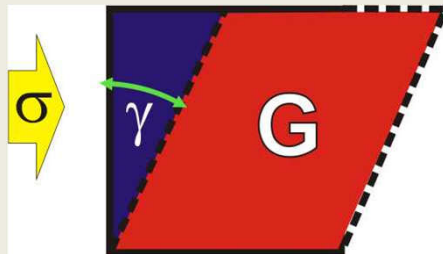
$$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0}$$

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA

CIAŁO IZOTROPOWE

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

$$E = 3D(1-2\nu)$$

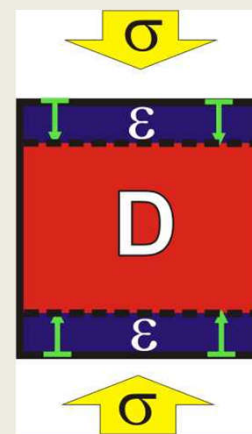
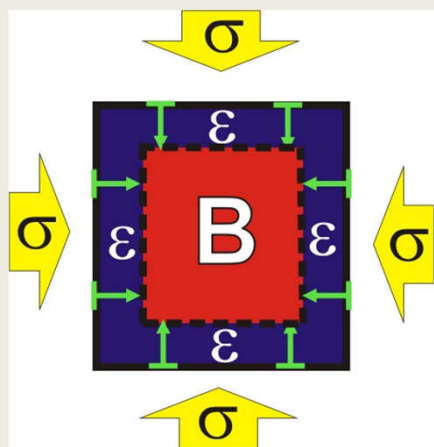


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA

CIAŁO IZOTROPOWE

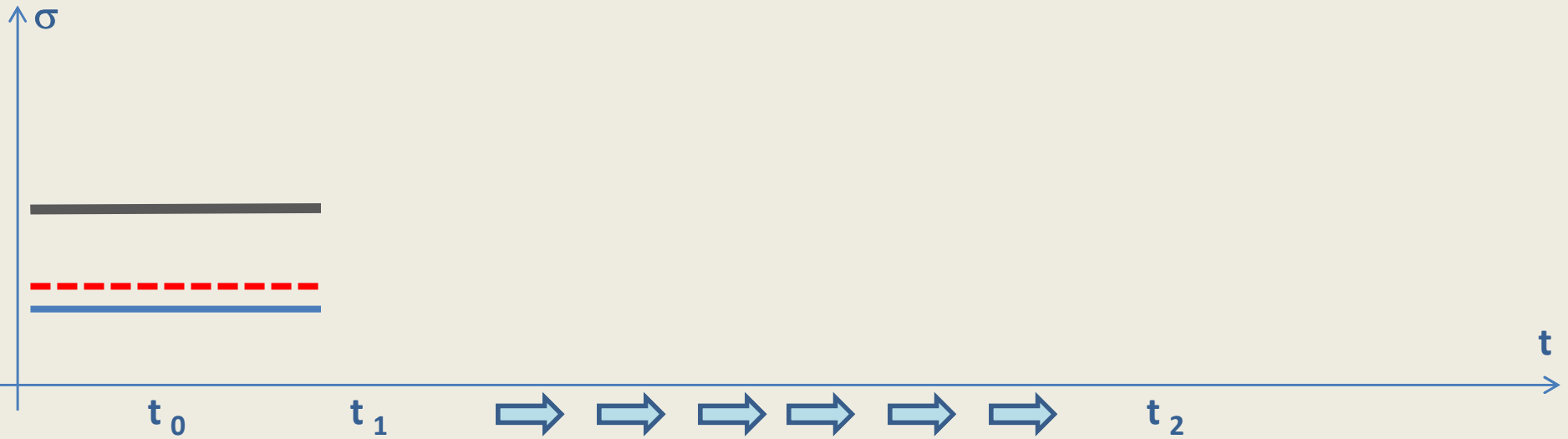
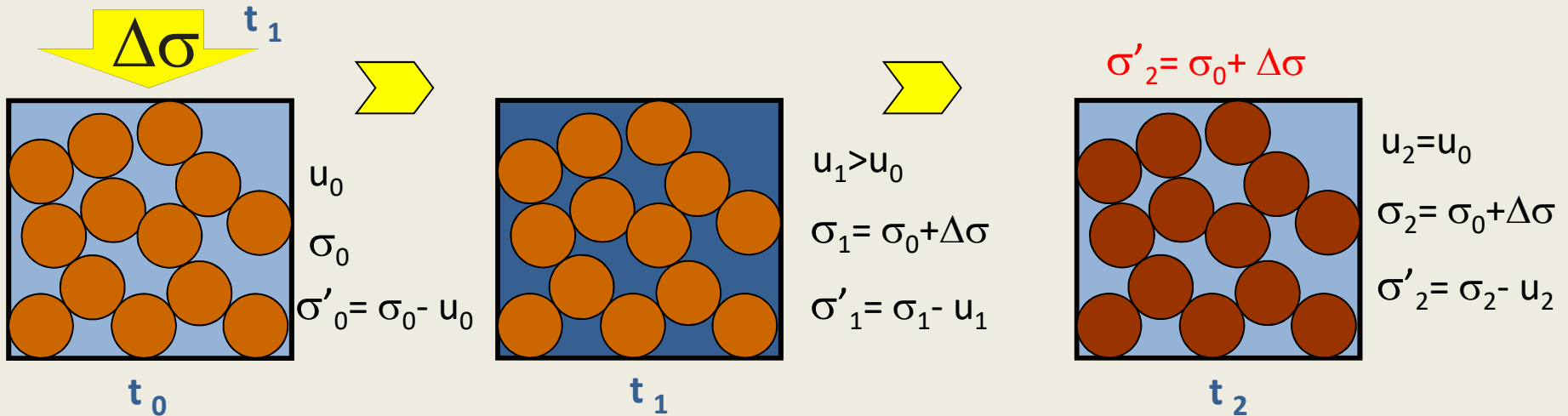
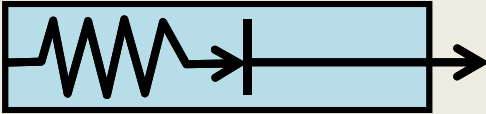
$$B = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

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



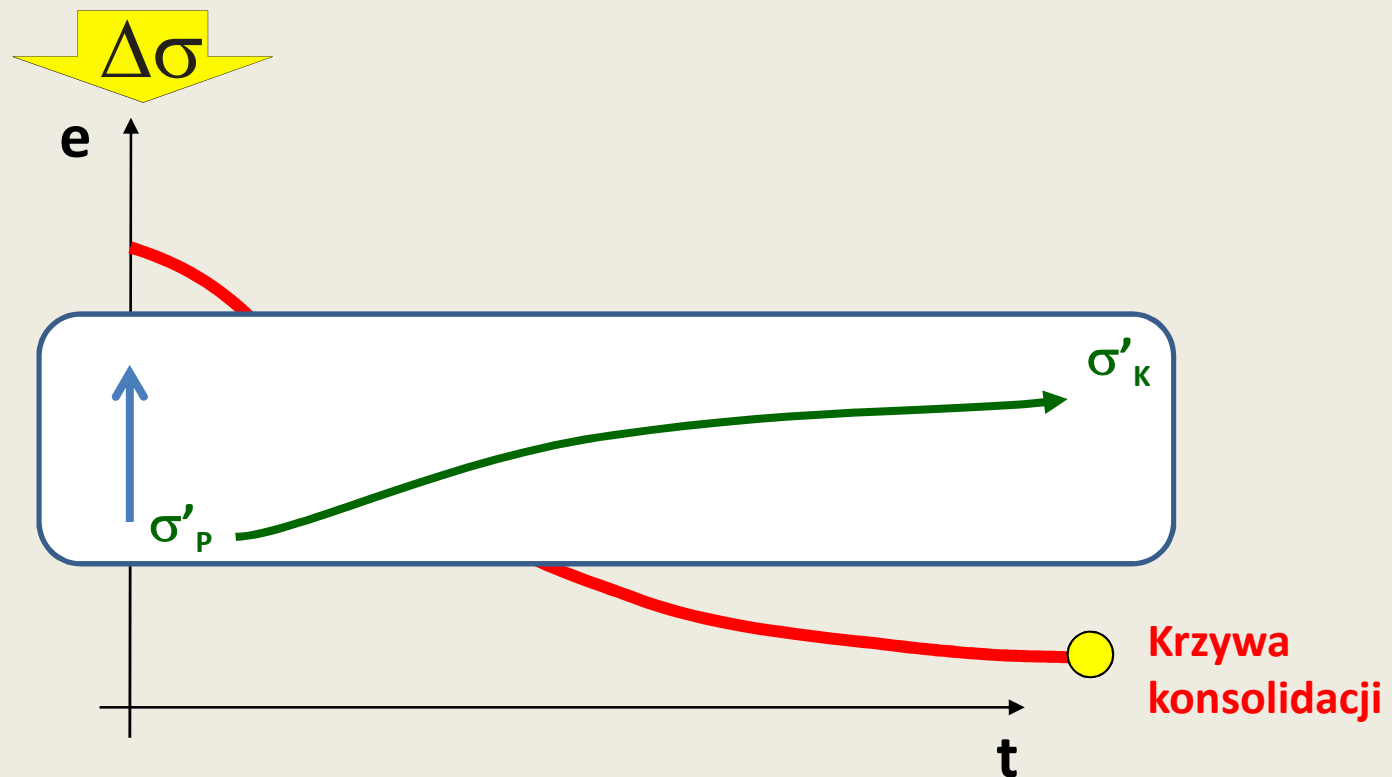
EGI: **STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA**

MODEL TERZAGHIEGO



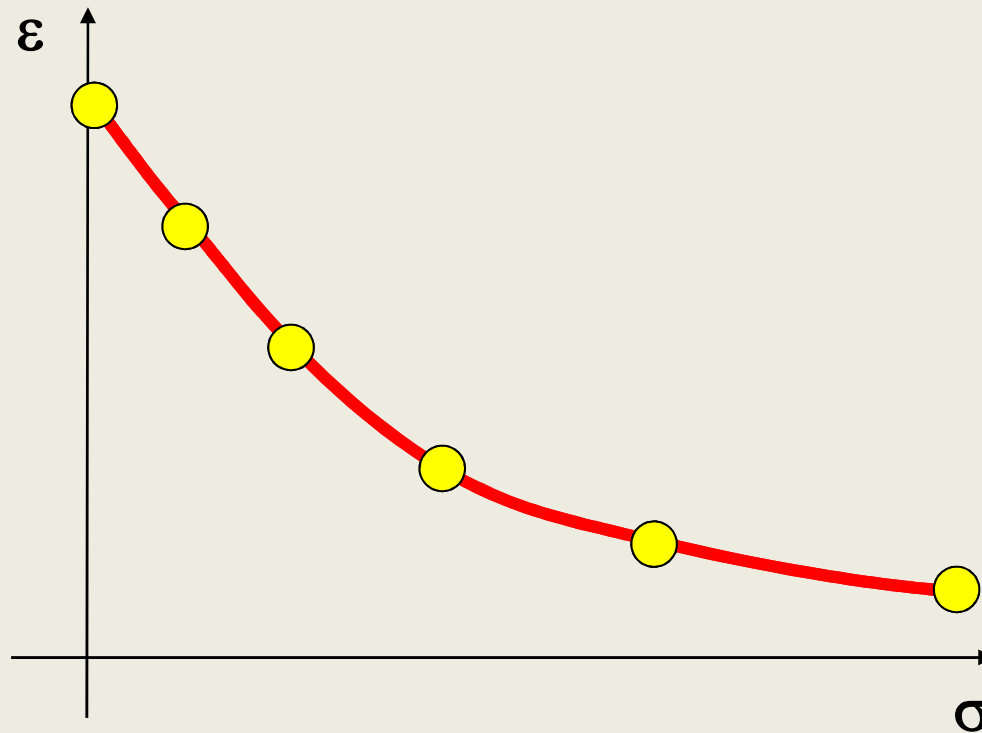
EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA

ŚCIŚLIWOŚĆ



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA

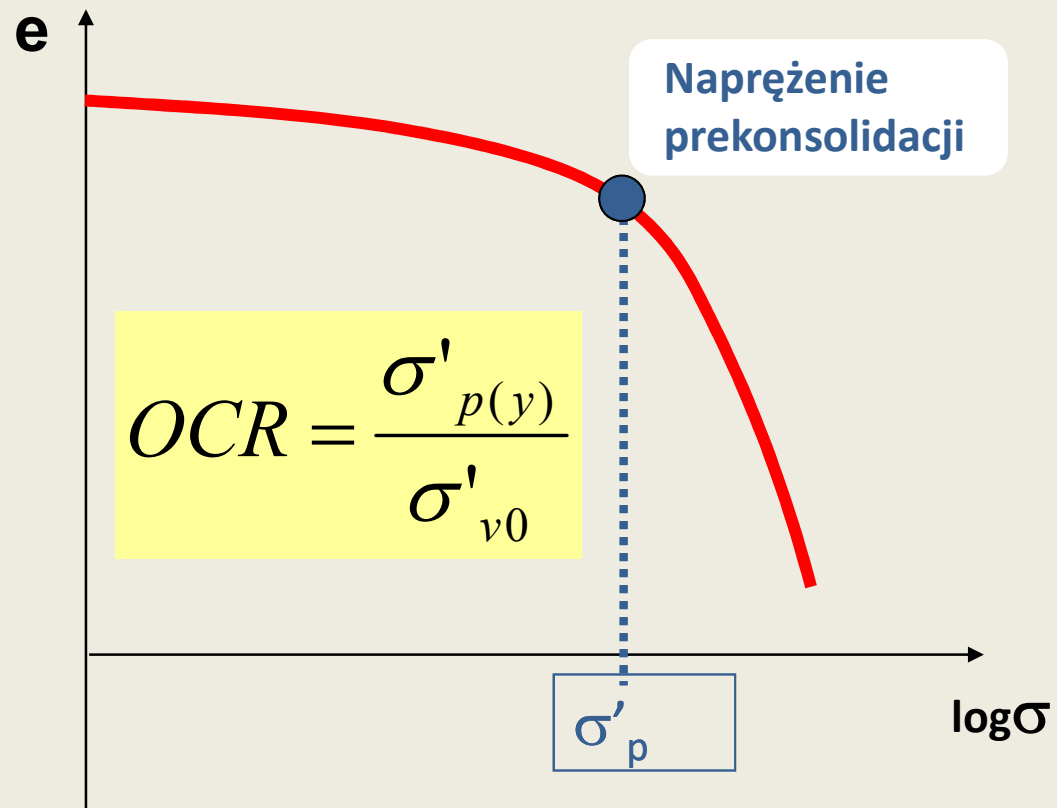
ŚCIŚLIWOŚĆ



**Krzywa
ściśliwości**

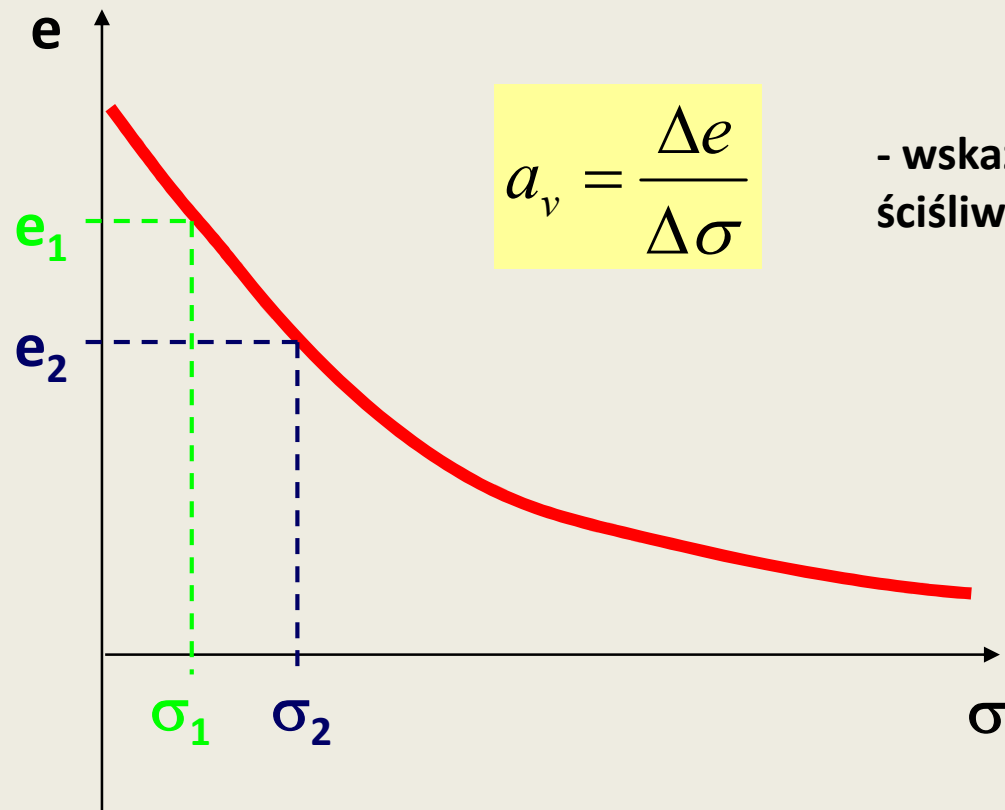
EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA

ŚCIŚLIWOŚĆ



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA

ŚCIŚLIWOŚĆ

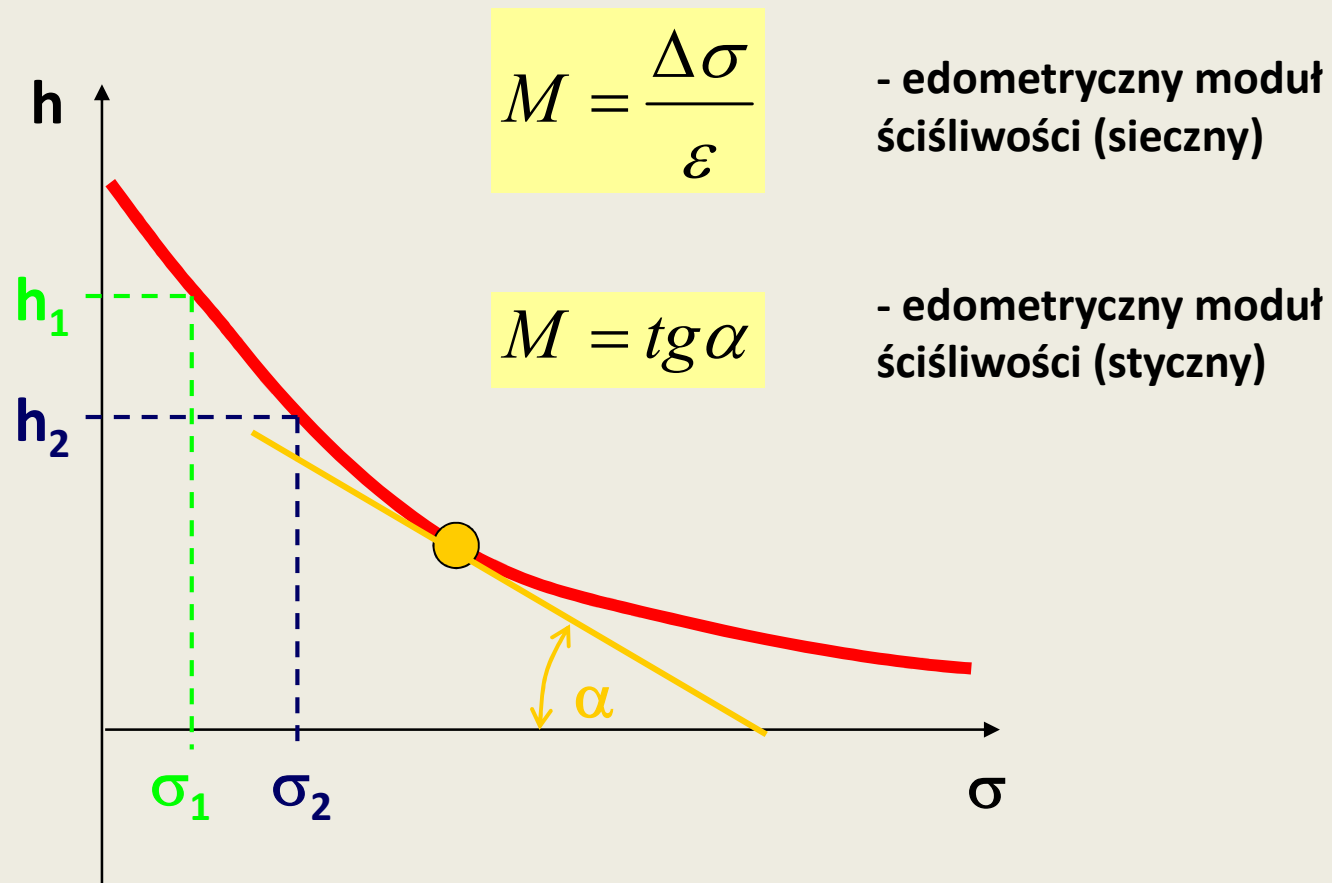


$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta \sigma}$$

- wskaźnik
ściśliwości

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA

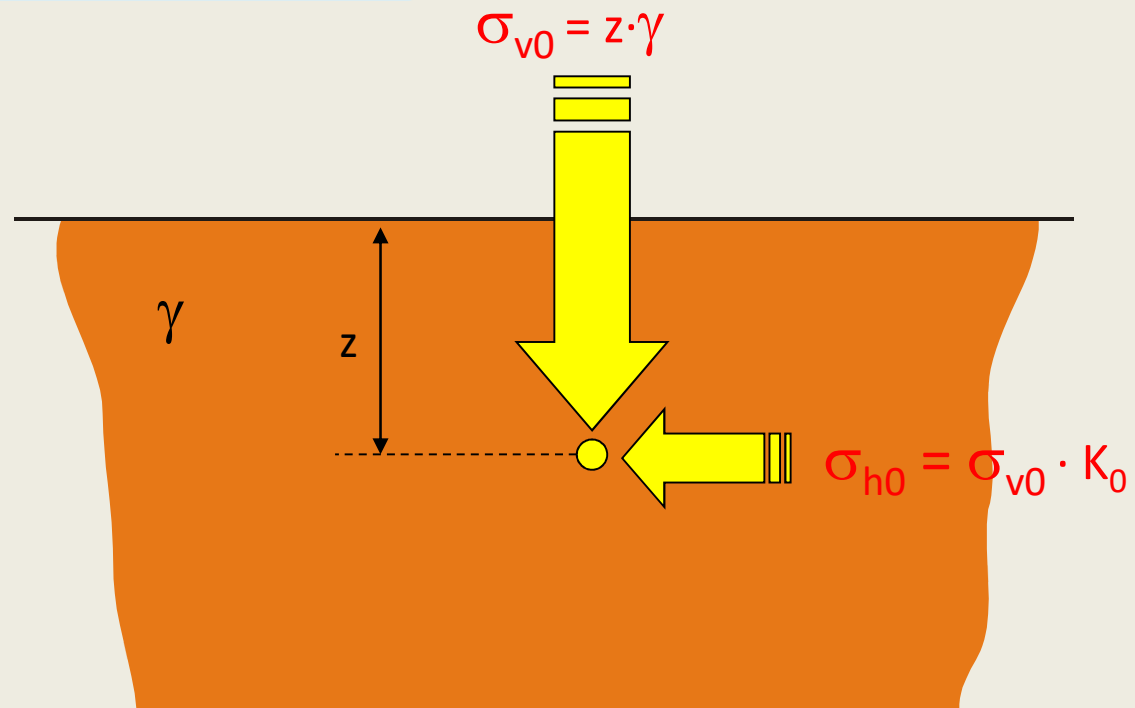
ŚCIŚLIWOŚĆ



EGI:

NAPRĘŻENIA GEOSTATYCZNE

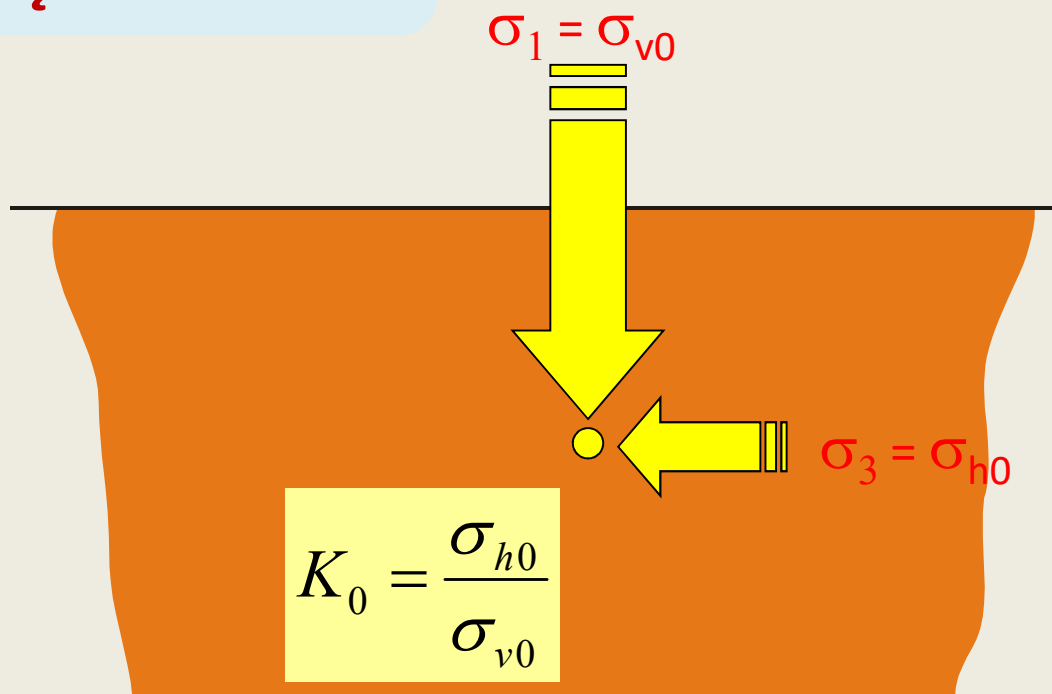
GEOSTATYCZNY STAN NAPRĘŻENIA



EGI: **NAPRĘŻENIA GEOSTATYCZNE**

**GEOSTATYCZNY STAN
NAPRĘŻENIA**

parcie spoczynkowe



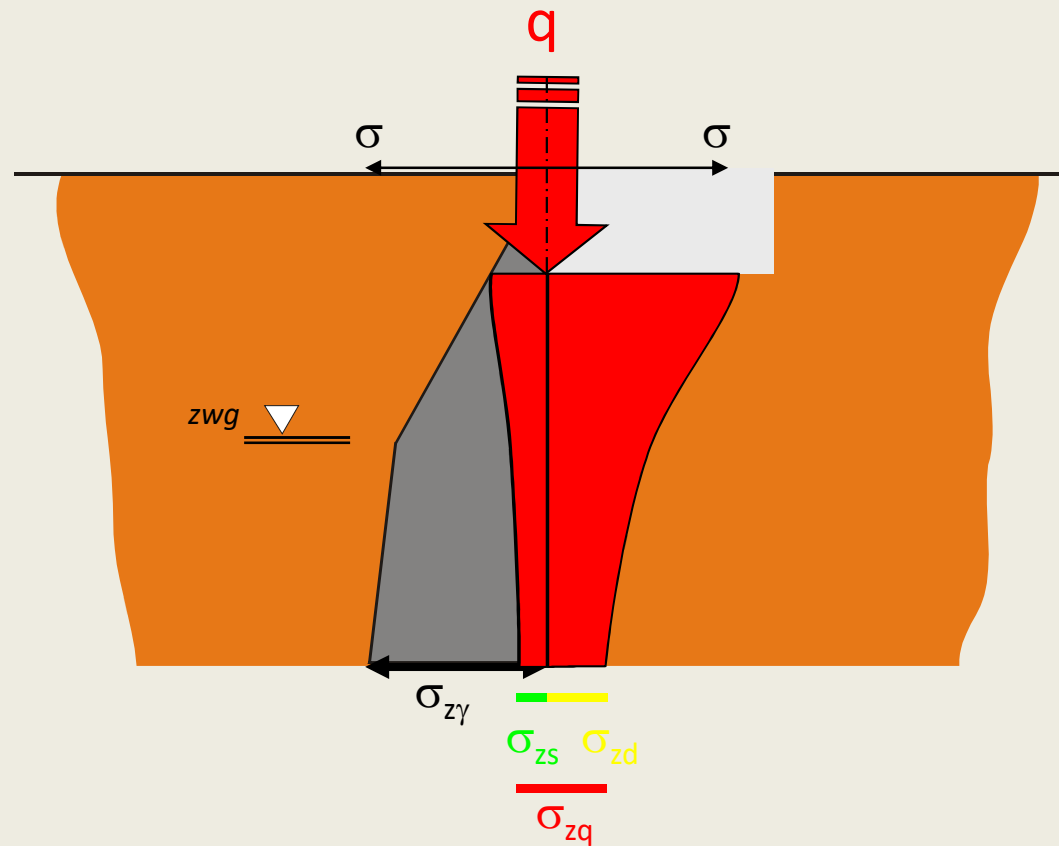
$$K_0 = \left(1 + \frac{2}{3} \sin \phi\right) \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}\right) \Rightarrow K_0 = (1 - \sin \phi)$$

EGI:

NAPRĘŻENIA GEOSTATYCZNE I DODATKOWE

ROZKŁAD NAPRĘŻEŃ POD FUNDAMENTEM

hipoteza
Boussinesqua



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

PARAMETRY GEOTECHNICZNE



**BADANIA
LABORATORYJNE**



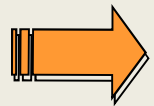
**BADANIA
TERENOWE (IN-SITU)**

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

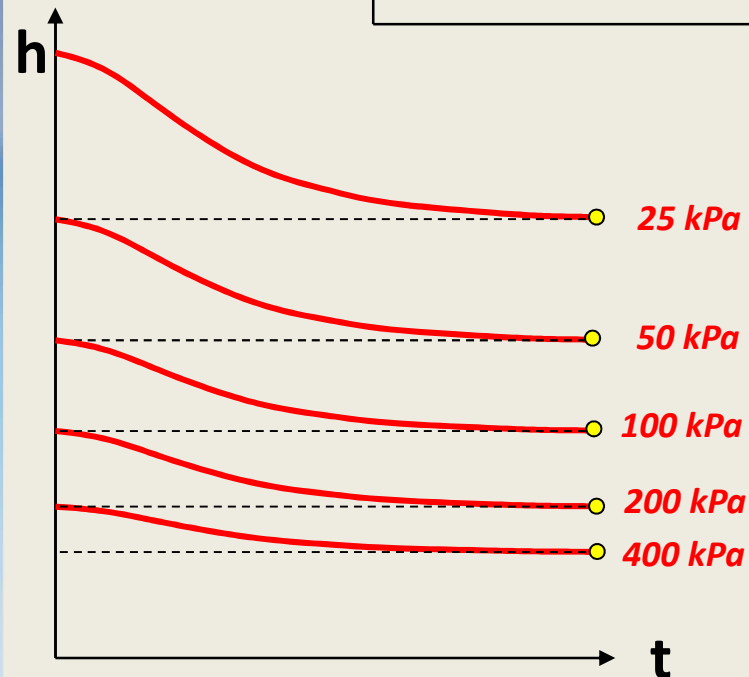
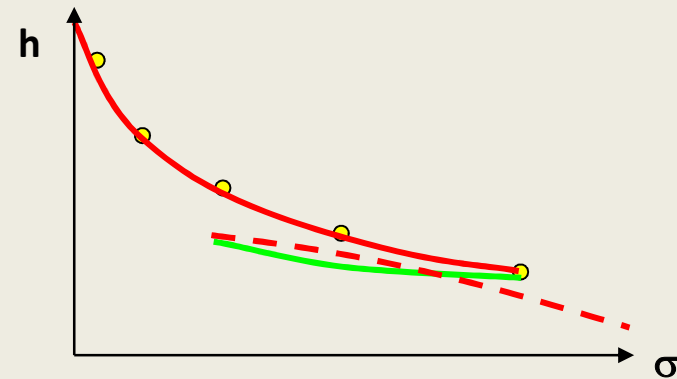
- *nieznane warunki brzegowe,*
- *brak pełnej kontroli ścieżki $\sigma - \varepsilon$,*
- *nieznane właściwości fizyczne,*
- *duża objętość gruntu,*
- *badanie gruntu „in statu nascendi”*
- *możliwość powtórzeń.*

EGI: **STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA**

ŚCIŚLIWOŚĆ

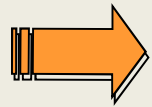


Edometr IL

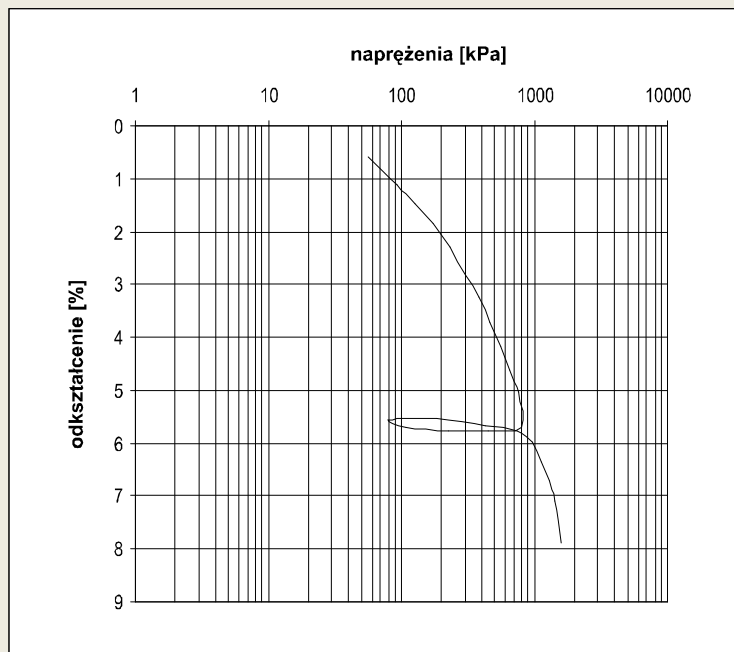


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

ŚCIŚLIWOŚĆ

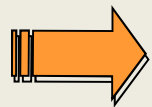


Edometr CRS

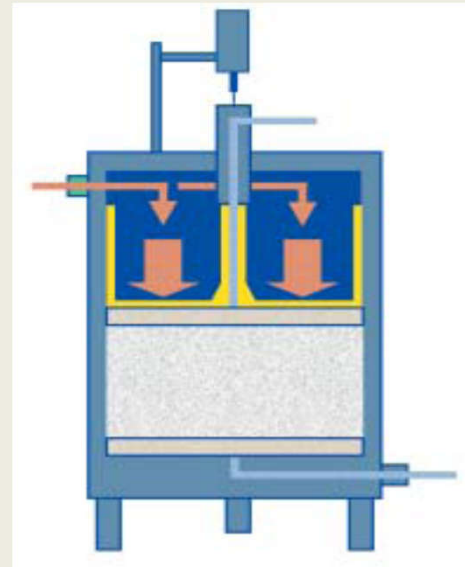


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

ŚCIŚLIWOŚĆ

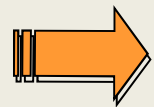


Edometr hydrauliczny (Rowe'a)

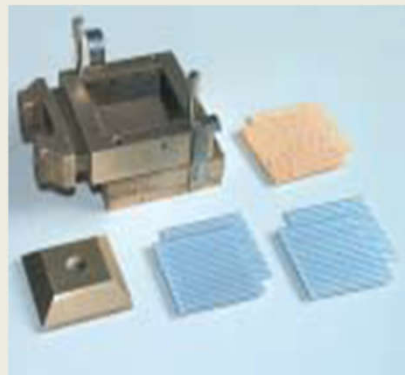
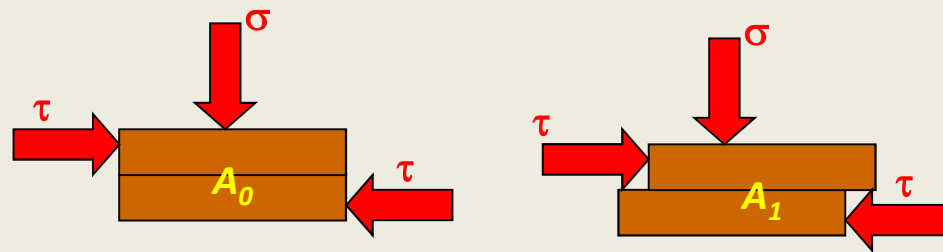


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

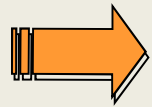


Aparat bezpośredniego ścinania (skrzynkowy)

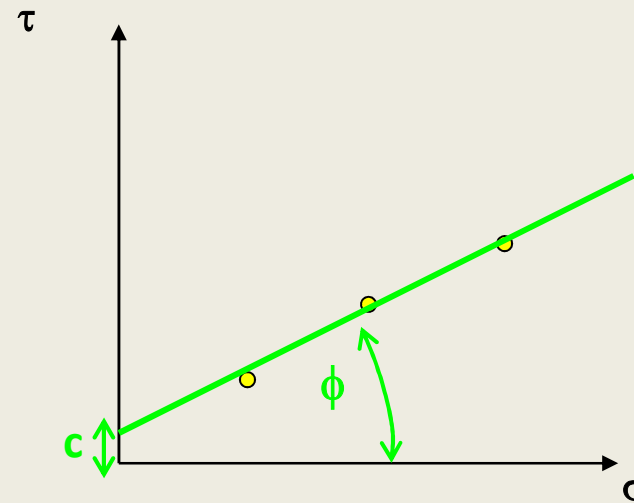
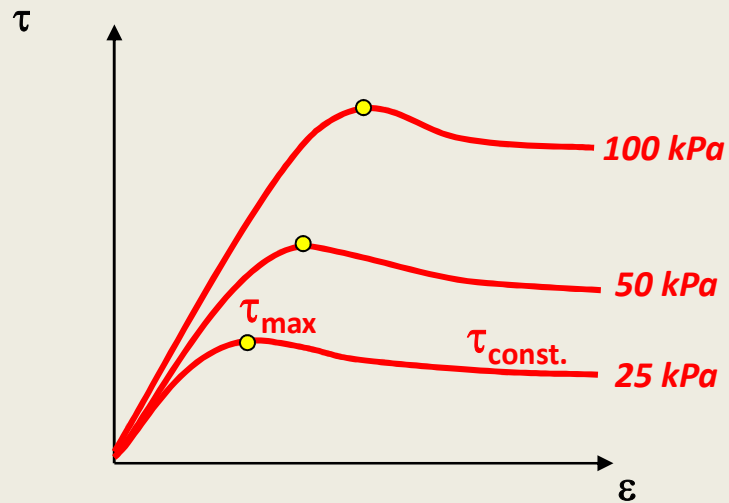


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

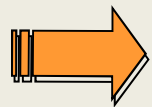


Aparat bezpośredniego ścinania (skrzynkowy)

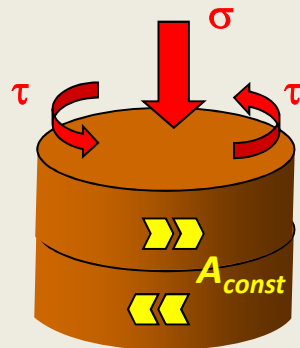


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

**WYTRZYMAŁOŚĆ
NA ŚCINANIE**

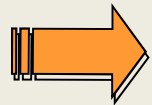


Aparat bezpośredniego ścinania (obrotowy)

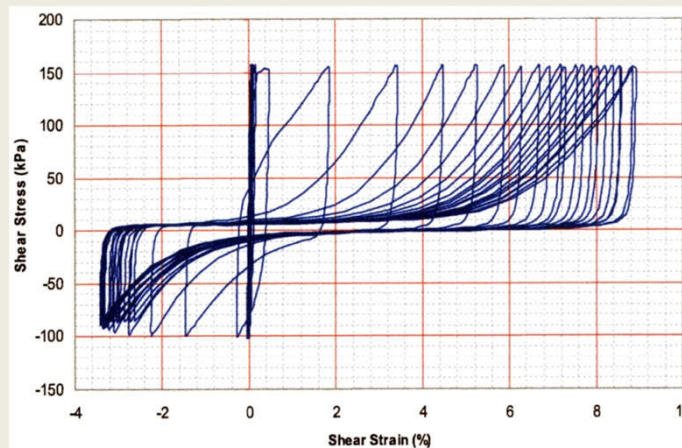
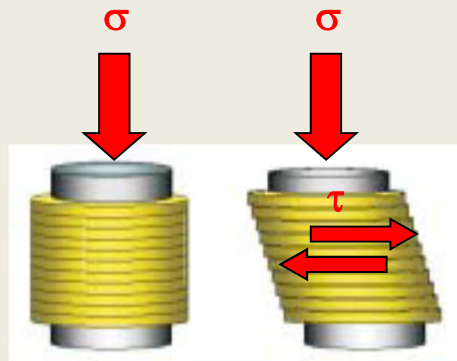


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE



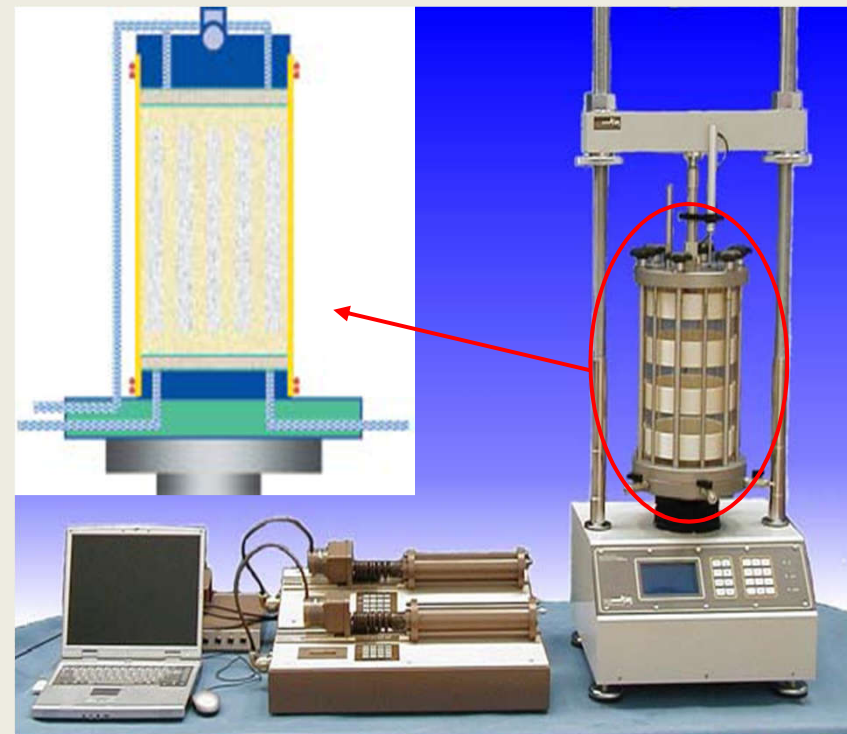
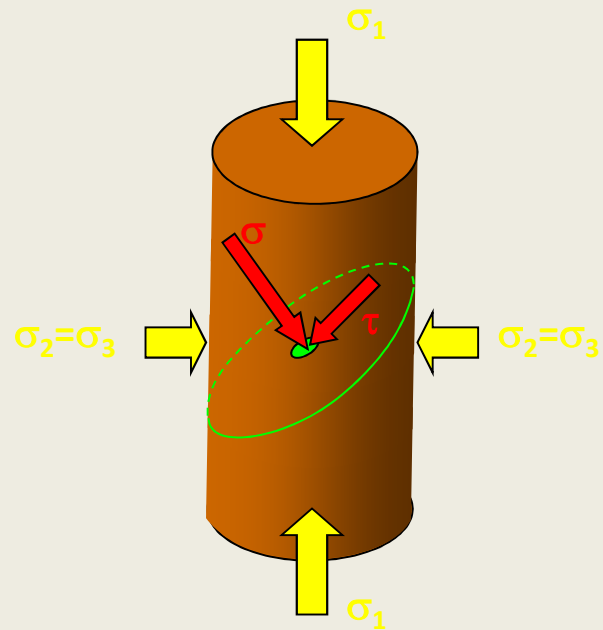
Aparat bezpośredniego ścinania (cykliczny)



EGI: **STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA**

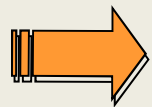
WYTRZYMAŁOŚĆ
NA ŚCINANIE

➔ *Aparat trójosiowego ściskania*

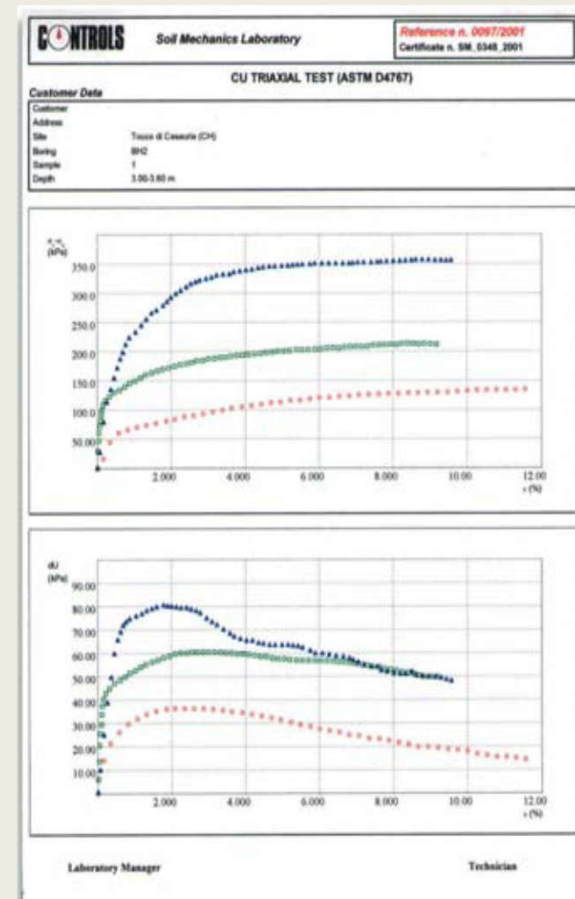
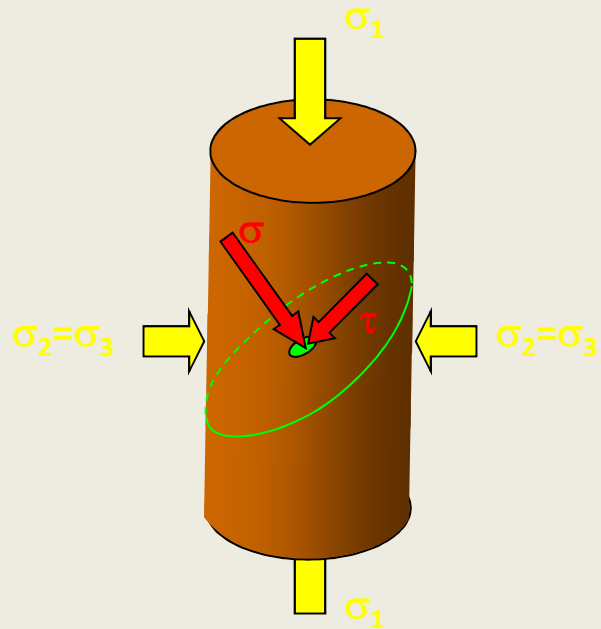


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

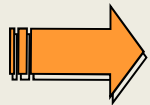


Aparat trójosiowego ściskania

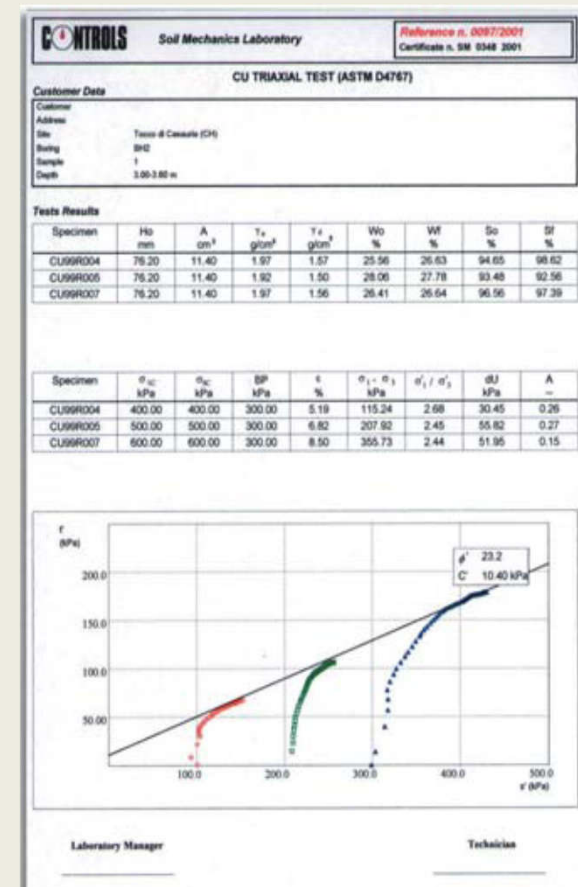
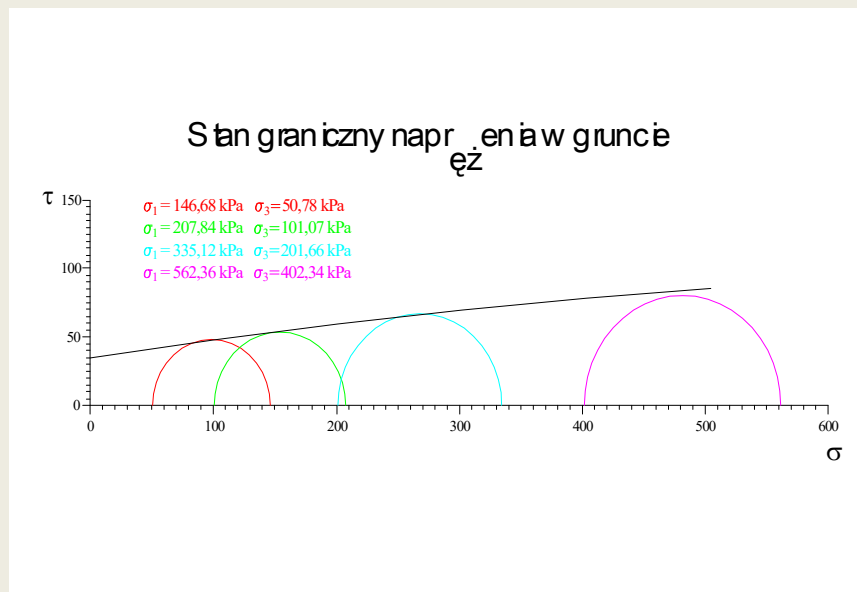


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

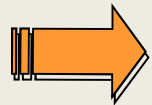


Aparat trójosiowego ściskania



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE



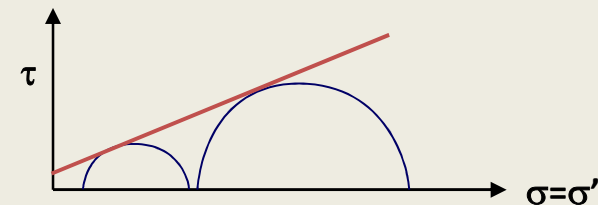
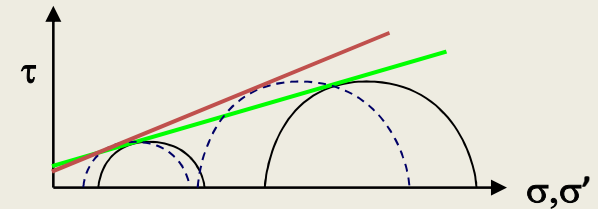
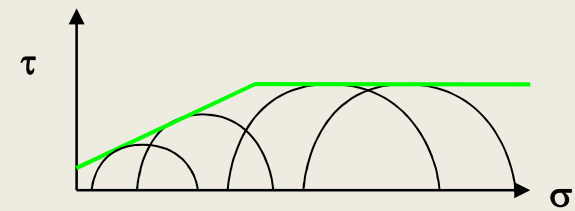
Aparat trójosiowego ściskania

Metody przeprowadzania badania:

- UU (ϕ_u, c_u)

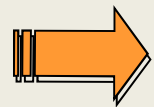
- CIU, CAU $(\phi_u < \phi, c_u > c')$

- CID, CAD $(\phi_u, c_u) = (\phi'_u, c'_u)$



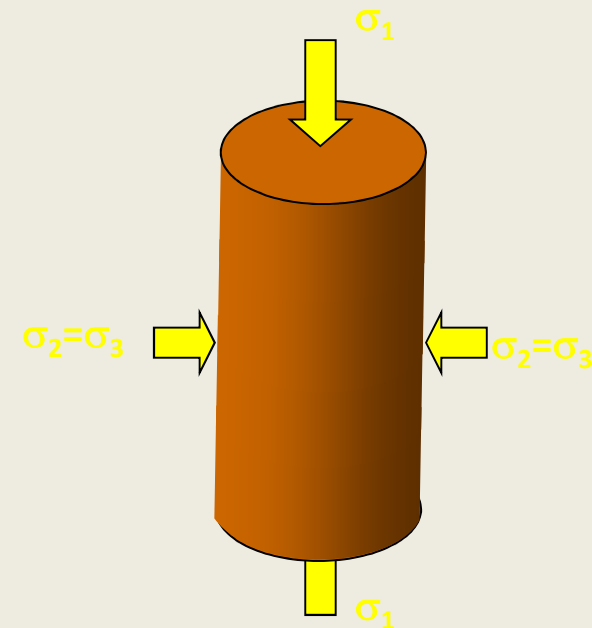
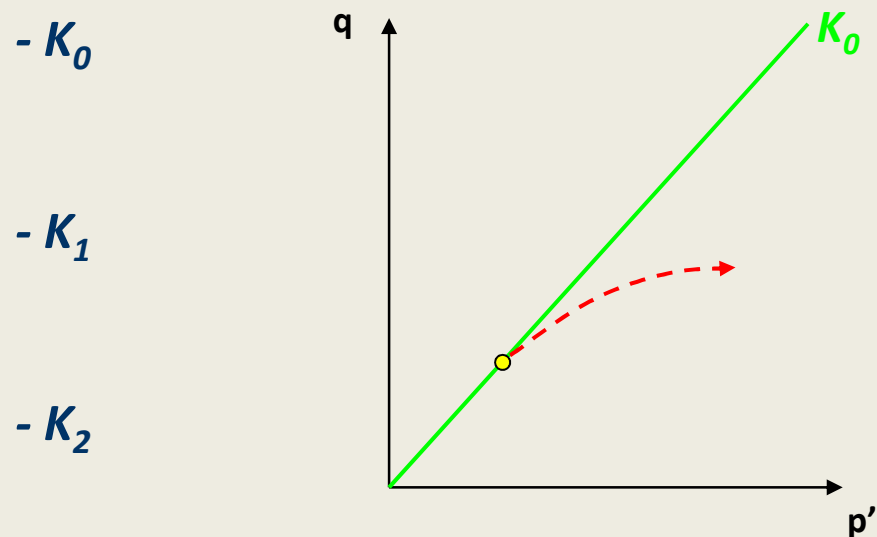
EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE



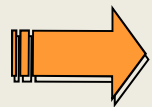
Aparat trójosiowego ściskania

Metody przeprowadzania badania CI:

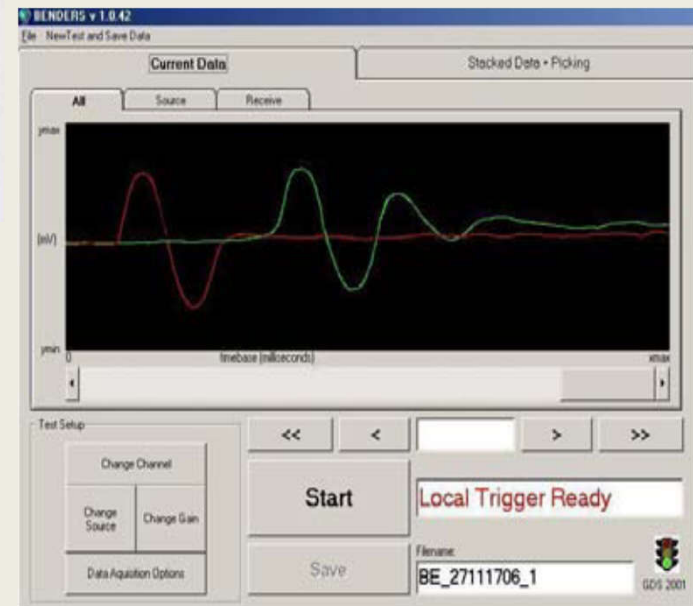
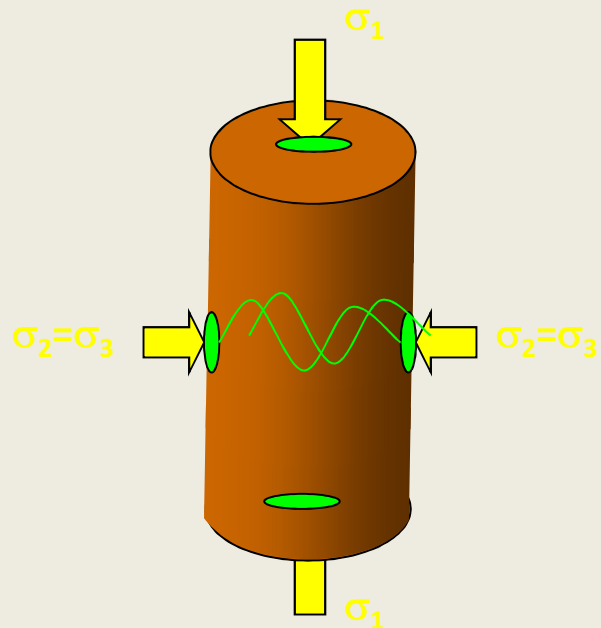


EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCINANIE

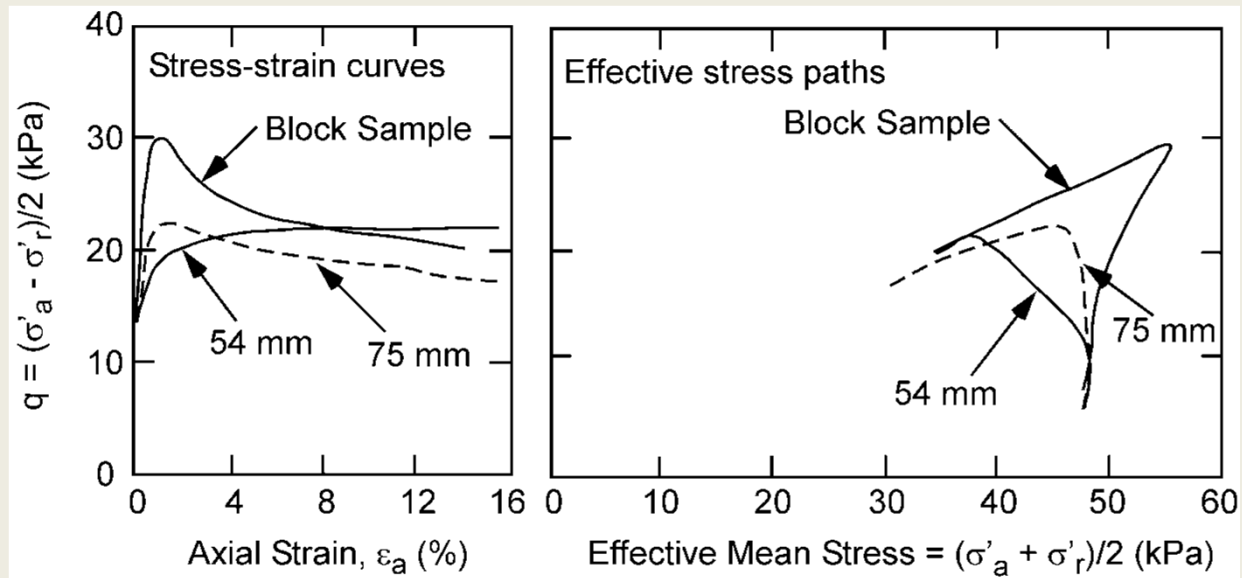


Aparat trójosiowego ściskania z oceną G_0



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

JAKOŚĆ PRÓBKKI



(Lunne et al. 1997)

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

JAKOŚĆ PRÓBKKI

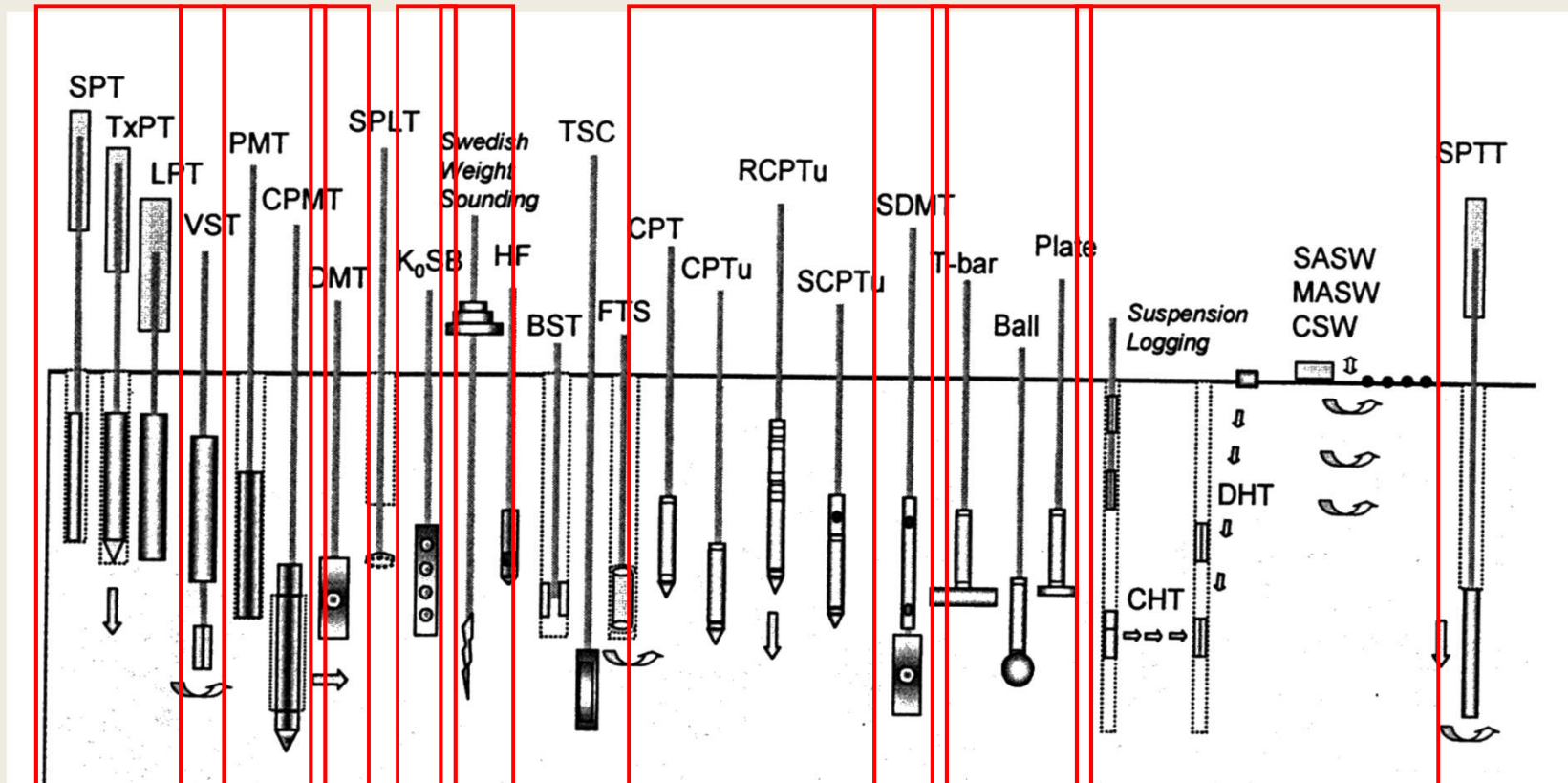
Specimen Quality Designation (SQD) (Terzaghi et al. 1996)		$\Delta e/e_0$ Criteria (Lunne et al. 1997)		
Volumetric Strain (%)	SQD	OCR = 1 – 2 $\Delta e/e_0$	OCR = 2 – 4 $\Delta e/e_0$	Rating*
< 1	A	< 0.04	< 0.03	Very good to excellent
1 – 2	B	0.04 – 0.07	0.03 – 0.05	Good to fair
2 – 4	C	0.07 – 0.14	0.05 – 0.10	Poor
4 – 8	D	> 0.14	> 0.10	Very poor
> 8	E			

(DeGroot 2007)

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

BADANIA IN SITU

TYPY BADAŃ



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

BADANIA IN SITU

TYPY BADAŃ – DOBÓR METODY

Rodzaj badania	Test in situ	Parametry geotechniczne													Rodzaj gruntu						
		Rodzaj gruntu	Profil	U	ϕ'	S_u	I_D	m_v	c_v	k	G_0	σ_h	OCR	$\sigma-\varepsilon$	Skala twarda	Skala miękka	Żwir	Piasek	Pył	II	Torf
Penetracyjne	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
Presjometryczne	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

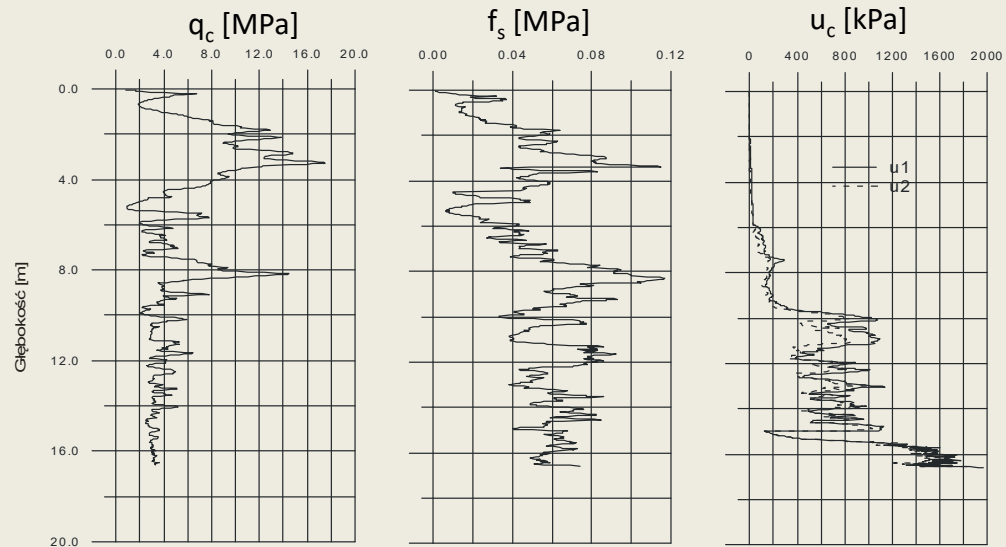
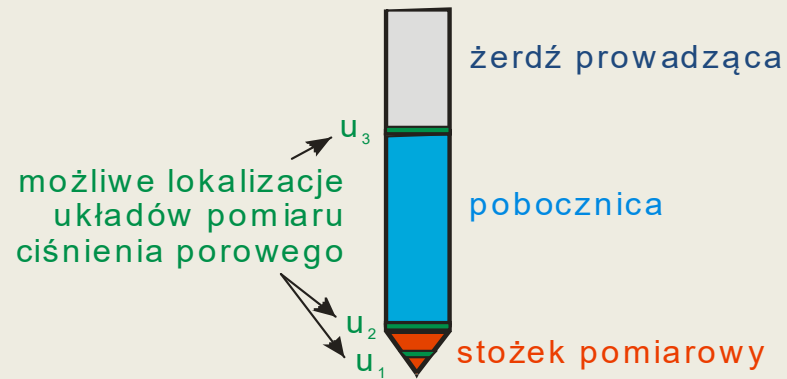
Ocena przydatności testu: A - wysoka, B - średnia, C - ograniczona, (-) - brak zastosowania

(za Lunne i inni 1997)

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

BADANIA IN SITU

BADANIE STATYCZNEGO SONDOWANIA - CPTU



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

SONDOWANIE STATYCZNE



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

SONDOWANIE STATYCZNE

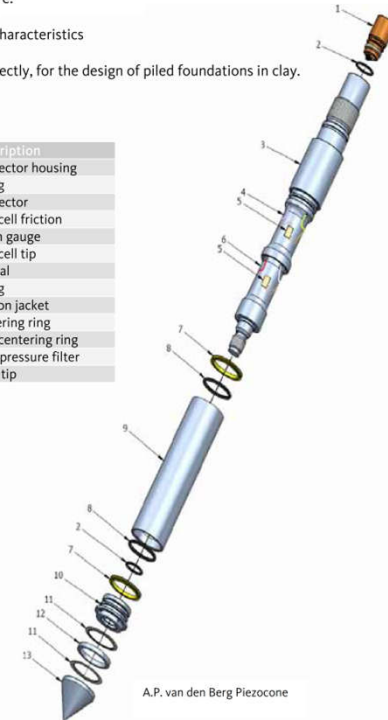


Mechanical properties to be evaluated are:

- shear strength parameters
- deformation and consolidation characteristics

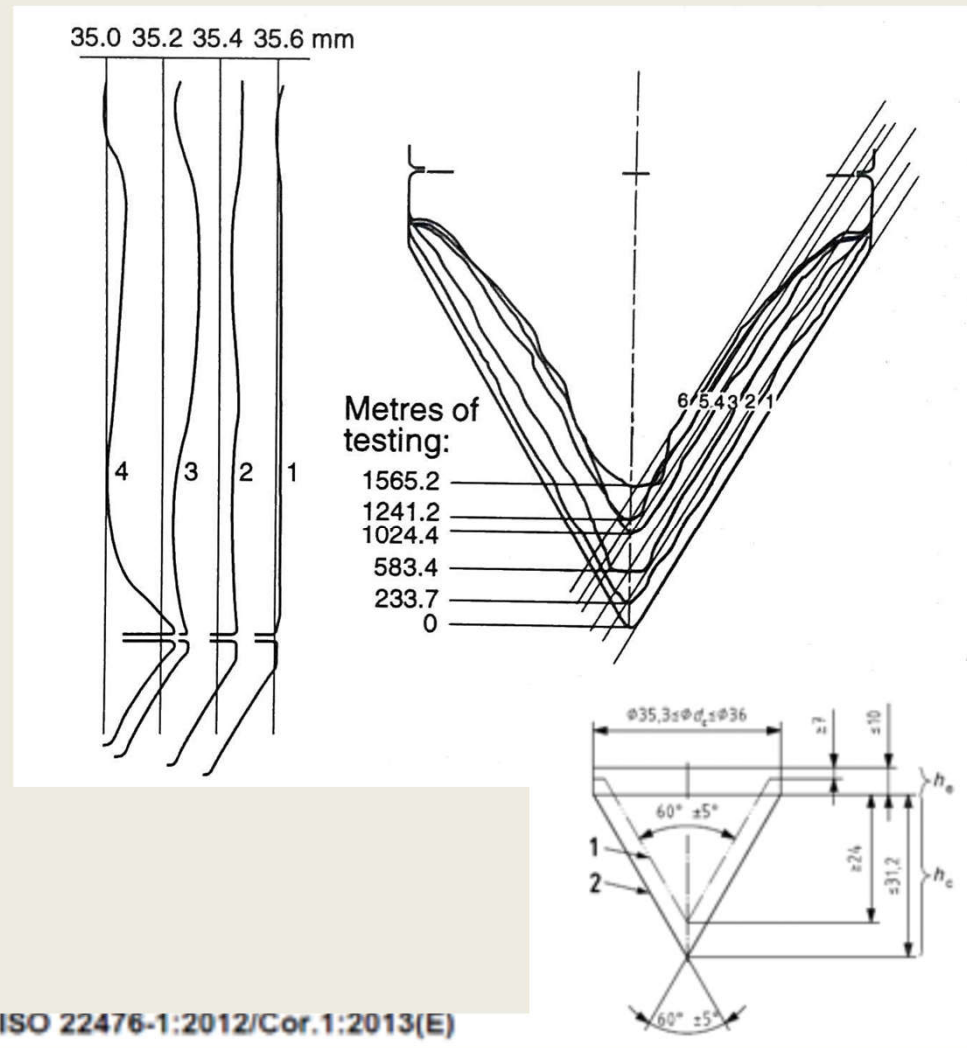
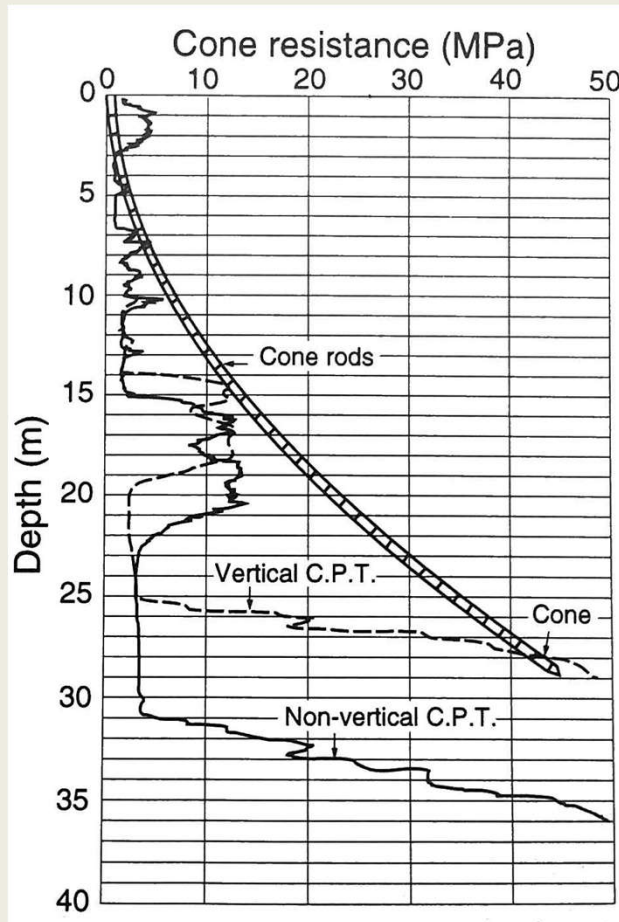
The results from a CPTU can be used, directly, for the design of piled foundations in clay.

Part	Description
1	connector housing
2	o-ring
3	connector
4	load cell friction
5	strain gauge
6	load cell tip
7	lip seal
8	o-ring
9	friction jacket
10	centering ring
11	filtercentering ring
12	pore pressure filter
13	cone tip



A.P. van den Berg Piezocone

SONDOWANIE STATYCZNE



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

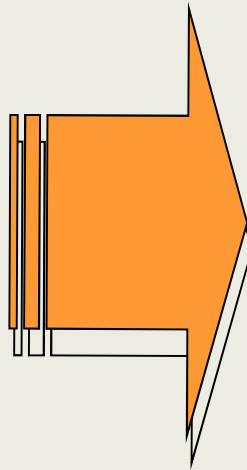
BADANIA IN SITU

BADANIE STATYCZNEGO SONDOWANIA - CPTU

q_c [MPa]

f_s [MPa]

u_c [kPa]



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

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

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

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

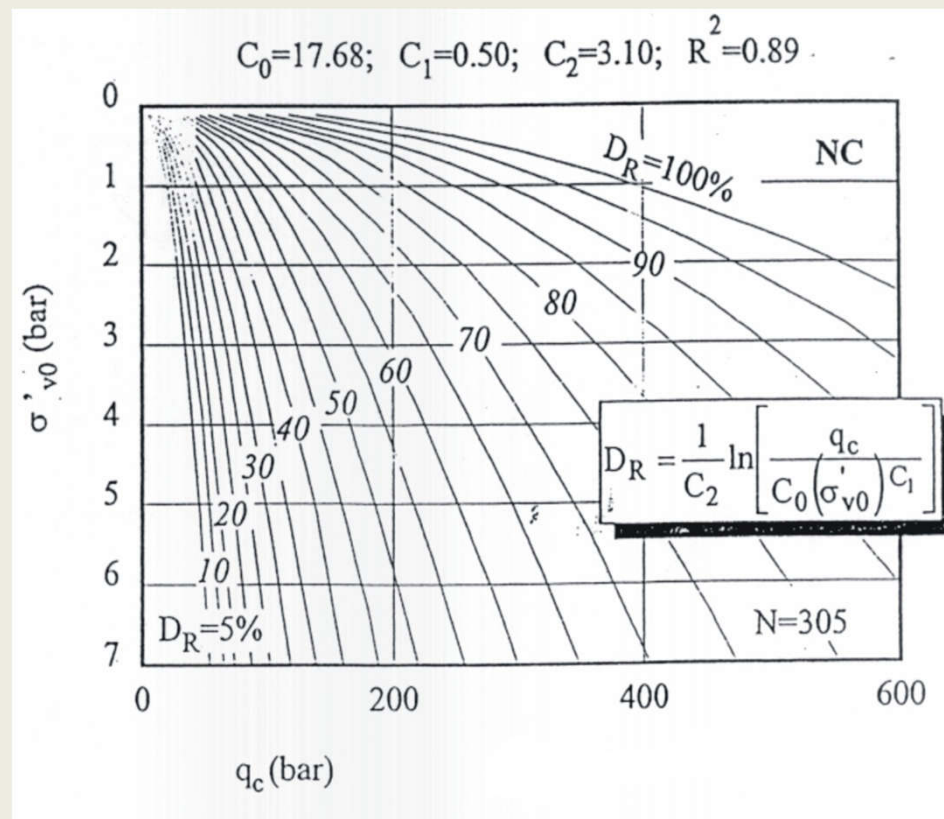
$$B_q = \frac{u_2 - u_0}{q_t - \sigma'_{v0}}$$

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

BADANIA IN SITU

BADANIE STATYCZNEGO SONADOWANIA - CPTU

stopień zagęszczenia



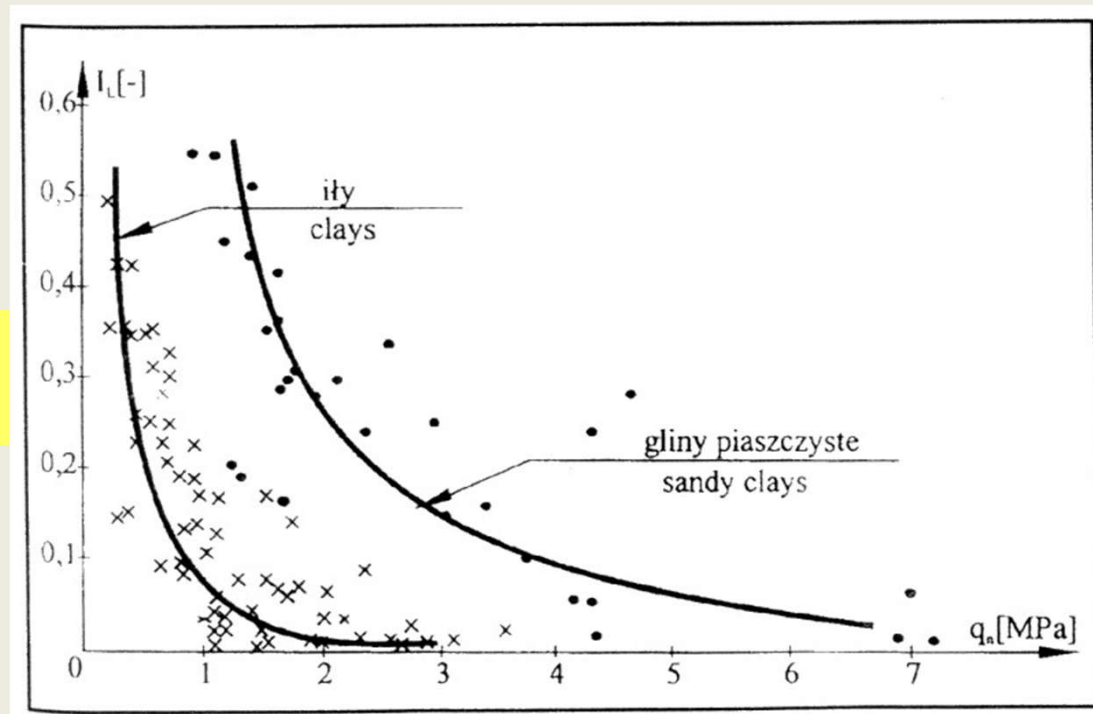
(Baldi i inni 1986; Jamiolkowski i inni 2001)

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

BADANIA IN SITU

BADANIE STATYCZNEGO SONADOWANIA - CPTU

stopień
plastyczności



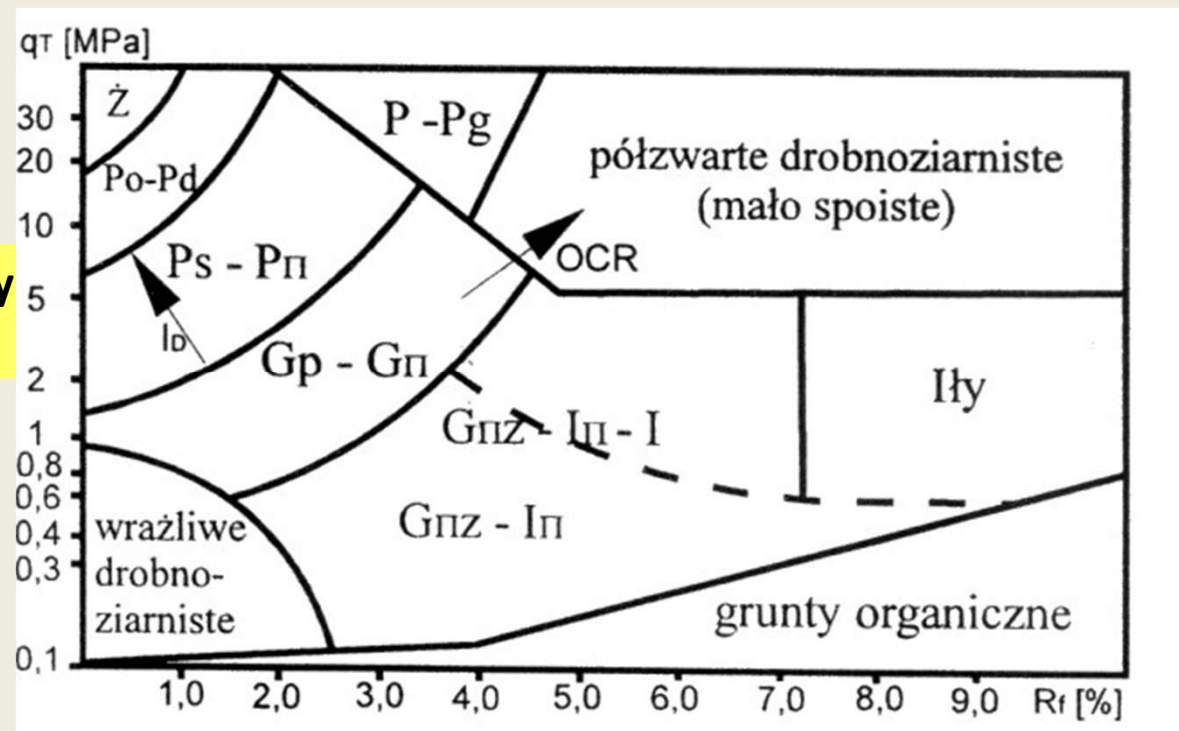
(Tschuschke i Wierzbicki 1998)

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

BADANIA IN SITU

BADANIE STATYCZNEGO SONADOWANIA - CPTU

rodzaj gruntu - cechy litologiczne



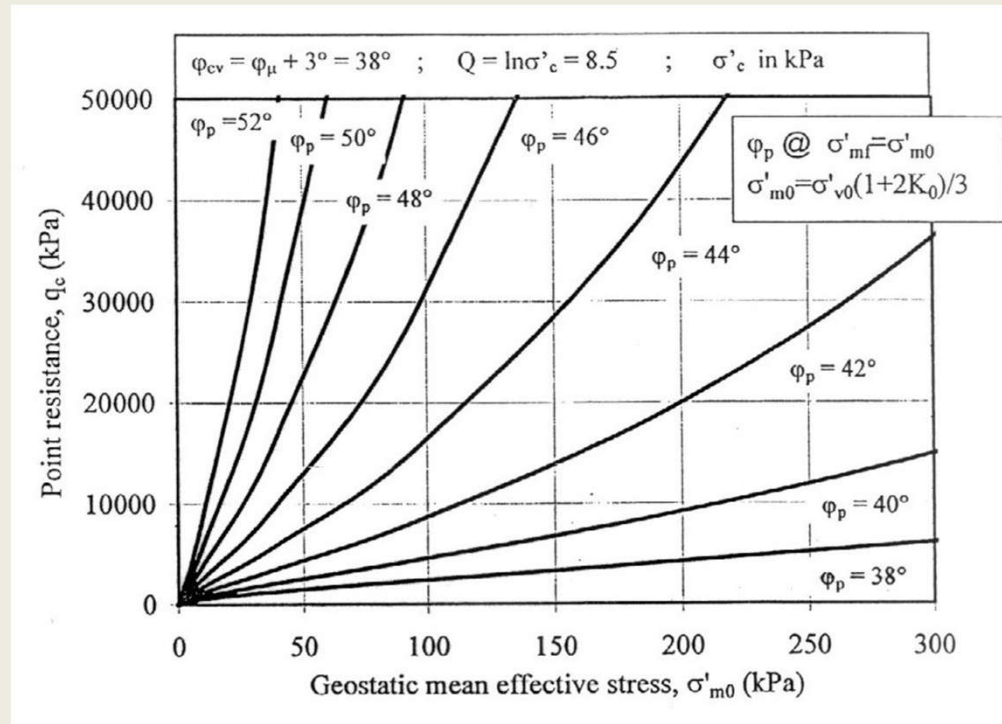
(Młynarek, Tschuschke i Wierzbicki 1997)

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

BADANIA IN SITU

BADANIE STATYCZNEGO SONADOWANIA - CPTU

kąt tarcia
wewnętrznego



(Jamiołkowski i inni 2001)

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

BADANIA IN SITU

BADANIE STATYCZNEGO SONADOWANIA - CPTU

wytrzymałość na
ściananie bez odpływu

$$s_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt}}$$

(Lunne i inni 1997)



$$\tau = \sigma_{v0} \cdot \operatorname{tg} \phi_u + c_u \quad (\text{równanie Coulomba})$$

SONDOWANIE STATYCZNE

M

$$M = \alpha(q_n)$$

(Sanglerat, 1972)

$I_p > 5\%$

$\alpha \approx 5-15$

(Senneset et al. 1989)

$\alpha = 8,25$

(Kulhawy & Mayne 1990)

$I_p < 5\%$

$\alpha = 4$

NC

(Lunne & Christophersen 1983)

$\alpha = 5$

OC

OL

$\alpha = 5-8$

OS

$\alpha = 2-4$

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

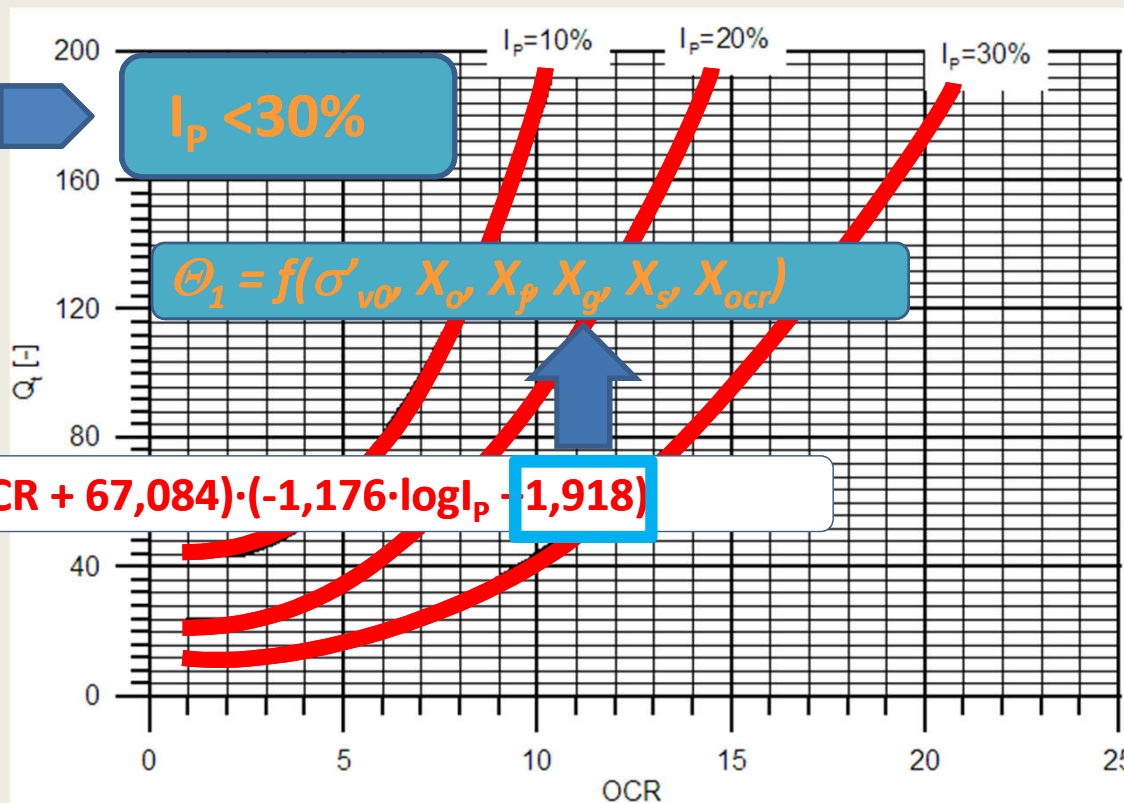
PROPOZYCJE ROZWIĄZAŃ DO WYZNACZANIA OCR GRUNTÓW Z OBSZARU POLSKI

UZYSKANE ROZWIĄZANIA

CPTU



Q_t

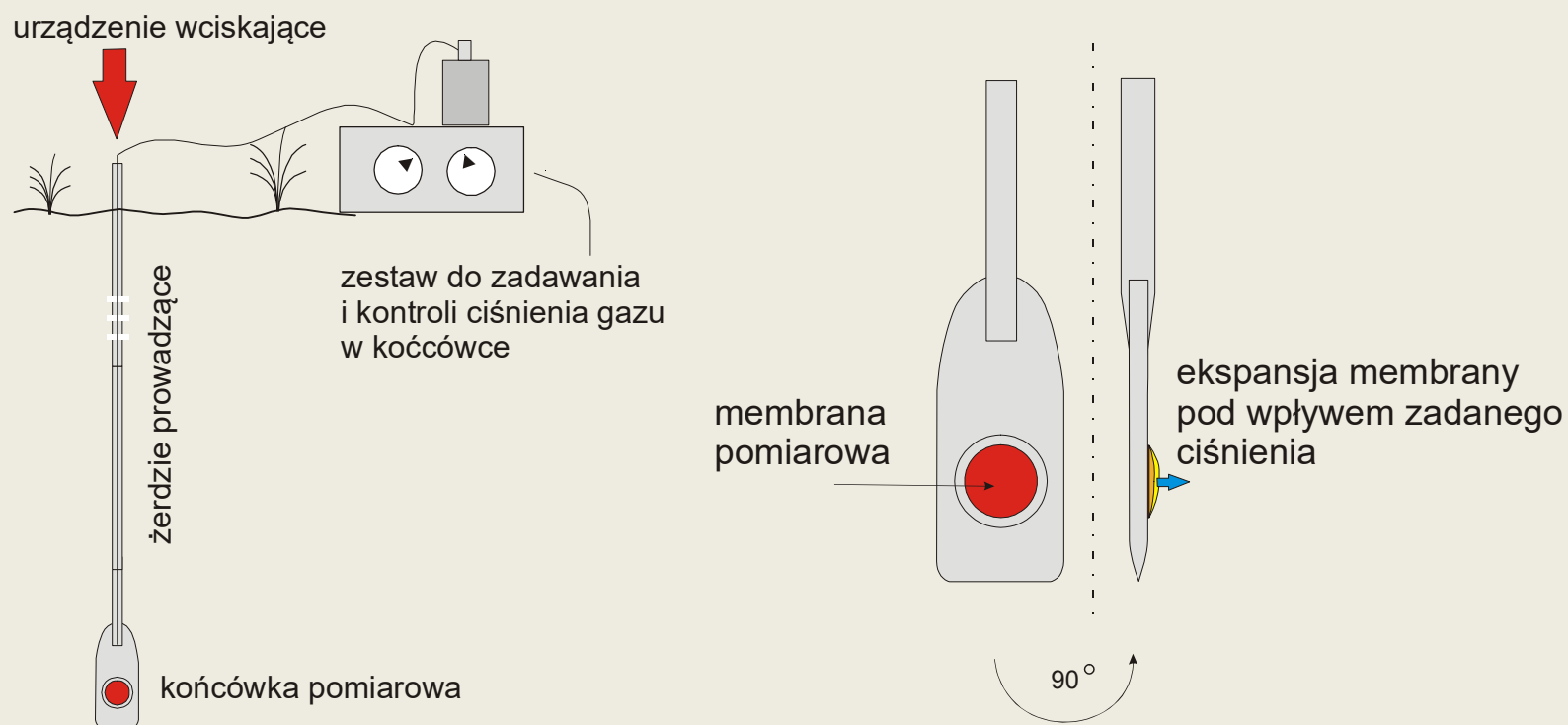


(Wierzbicki 2010)

EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

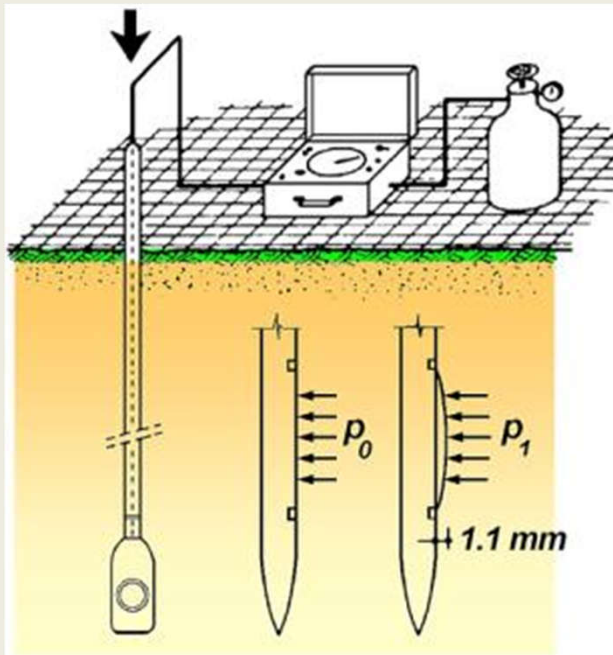
BADANIA IN SITU

BADANIE DYLATOMETREM PŁASKKIM (MARCHETTIEGO) - DMT



EGI: STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

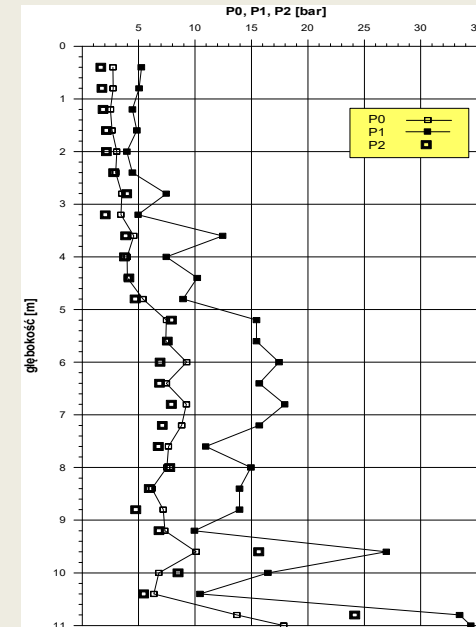
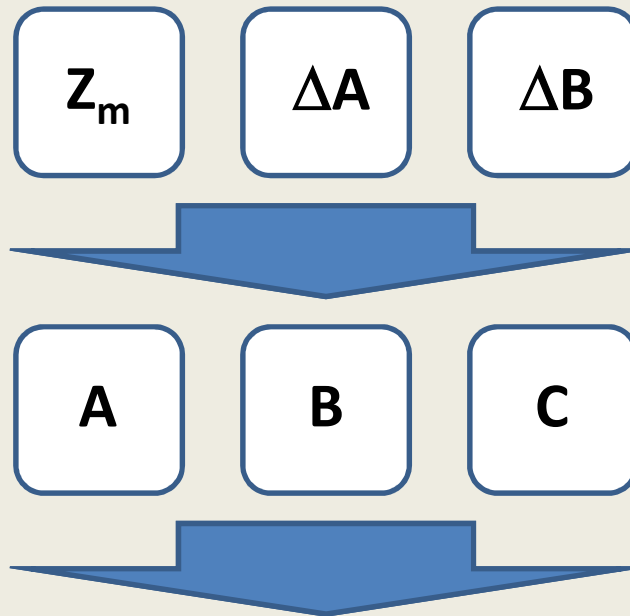
DYLATOMETR PŁASKKI (MARCHETTIEGO)



EGI:

STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

DYLATOMETR PŁASKI (MARCHETTIEGO)



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

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

DYLATOMETR PŁASKI (MARCHETTIEGO)



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

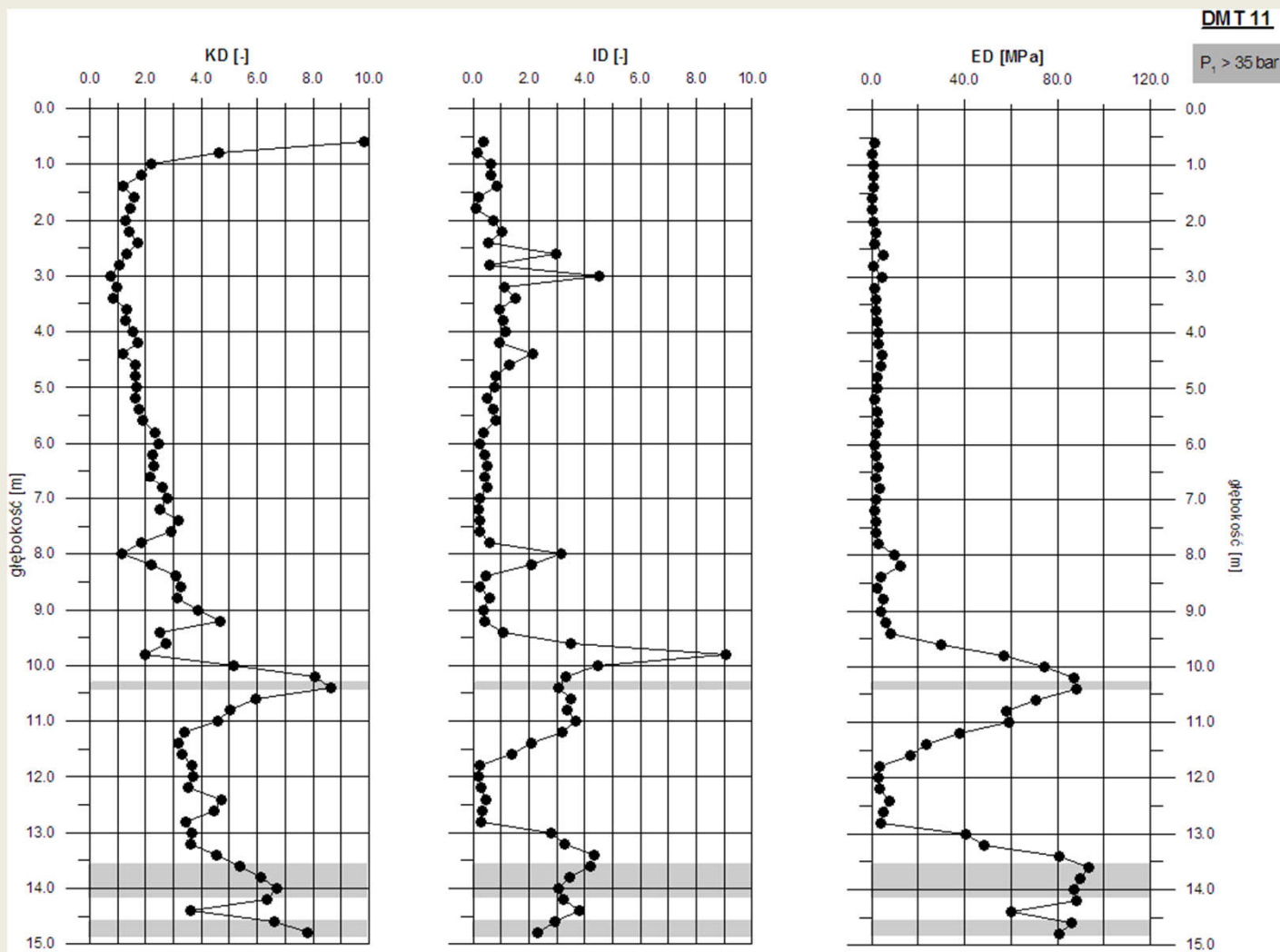
$$K_D = (p_0 - u_0) / \sigma'_{v0}$$

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

EGI:

STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

DYLATOMETR PŁASKI (MARCHETTIEGO)



EGI:

STAN NAPRĘŻENIA + ODKSZTAŁCENIA - BADANIA

DYLATOMETR PŁASKI (MARCHETTIEGO)



$$M_{DMT} = R_M E_D$$

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

-
- $K_D > 10$ $R_M = 0.32 + 2.18 \log K_D$
 - $R_M < 0.85$ $R_M = 0.85$

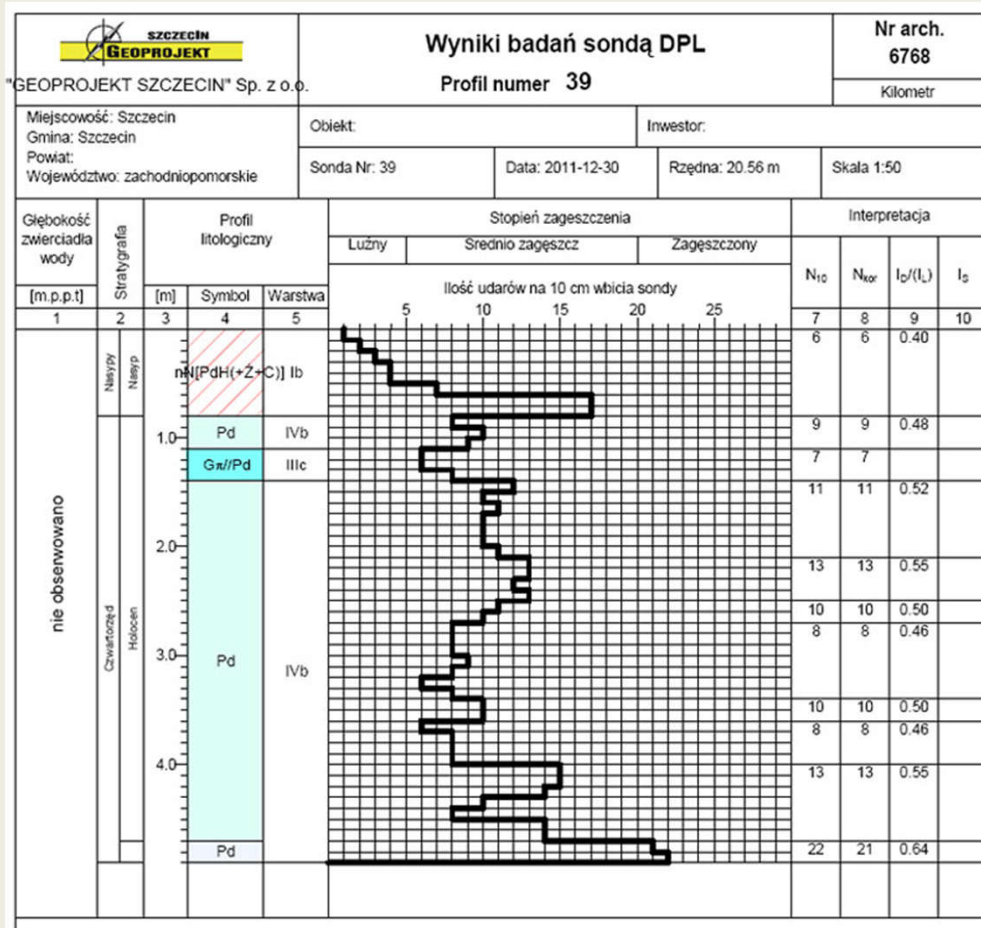
EGI: SONDA DYNAMICZNA

DPL



EGI: SONDA DYNAMICZNA

DPL



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

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

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

EGI:

WODA W PODŁOŻU

WODA ZWIĄZANA

Higroskopijna

Błonkowa

Kapilarna

WODA WOLNA

Wsiąkowa

Zawieszona

Zaskórna

Gruntowa

Wgłębna

Głębinaowa

Para wodna

Lód

Krystalizacyjna



WODOPRZEPUSZCZALNOŚĆ

Zdolność gruntu do przepuszczania wody siecią kanalików porowych.

$$v \Rightarrow v = f(i) \Rightarrow v = ki$$
$$\updownarrow$$
$$i = \frac{\Delta H}{l}$$
$$k_{10} = \frac{k_T}{0,7 + 0,05T}$$

WODOPRZEPUSZCZALNOŚĆ

Metody wyznaczania k

Terenowe

- wlewania wody do studni
- próbnego pompowania
- elektrooporowe

Laboratoryjne

- ITB-ZWk
- o zmiennym naporze

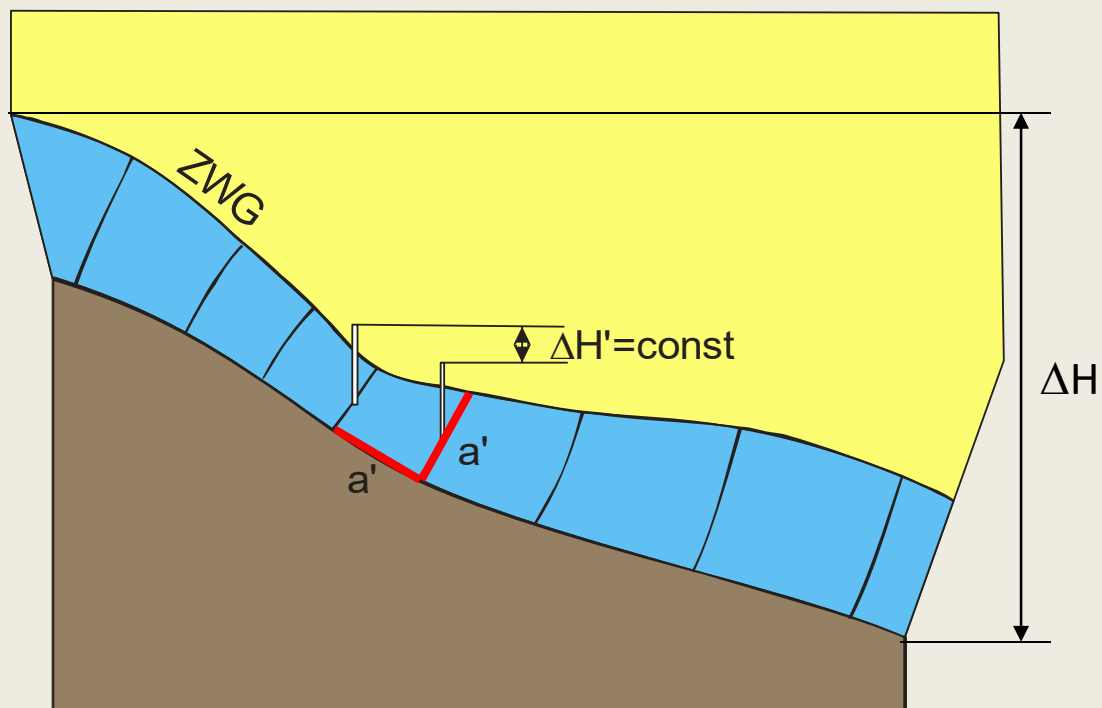
Wzory empiryczne

- Hazena
- Krugera
- Beyera

EGI: WODA W PODŁOŻU

WODOPRZEPUSZCZALNOŚĆ

Siatka przepływu



$$i = \frac{\Delta H'}{a'} = \frac{\Delta H}{\bar{a}m}$$

$$Q = k\Delta H \frac{n}{m}$$

EGI: WODA W PODŁOŻU

DZIAŁANIE WODY NA SZKIELET GRUNTOWY

Wypór gruntu

$$\gamma' = (1 - n)\gamma_s - (1 - n)\gamma_w = \gamma_{sr} - \gamma_w$$

Naprężenie efektywne

$$\sigma' = \sigma - u = z\gamma'$$

Ciśnienie sphywowe

$$j = \frac{P}{V} = \frac{\Delta H}{a} \gamma_w = i\gamma_w$$

EGI: WODA W PODŁOŻU

DZIAŁANIE WODY NA SZKIELET GRUNTOWY

Kurzawka (uptynnienie)

$$j_v = \gamma' \Rightarrow i_{kr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w} \Rightarrow \phi = 0 \quad i = \frac{i_{kr}}{2}$$

Sufozja

Wyparcie

$$j_v > \gamma z$$

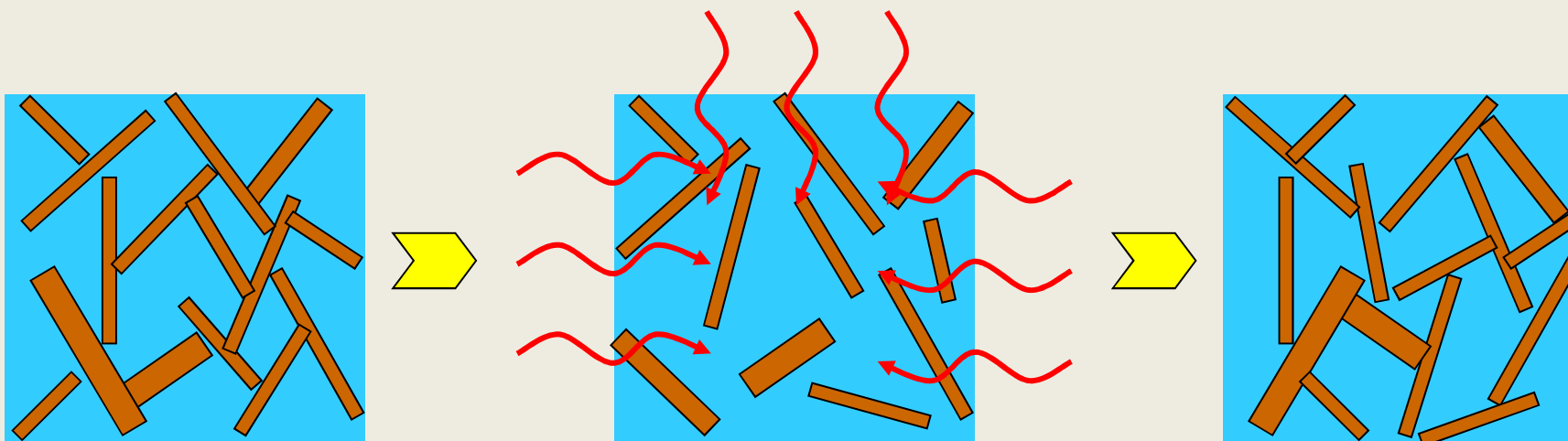
Przebicie

$$j > \gamma z$$

EGI: WODA W PODŁOŻU

DZIAŁANIE WODY NA SZKIELET GRUNTOWY

Tiksotropia



EGI: WODA W PODŁOŻU

AGRESYWNOSĆ W STOSUNKU DO BETONU

wg PN-EN 206-1

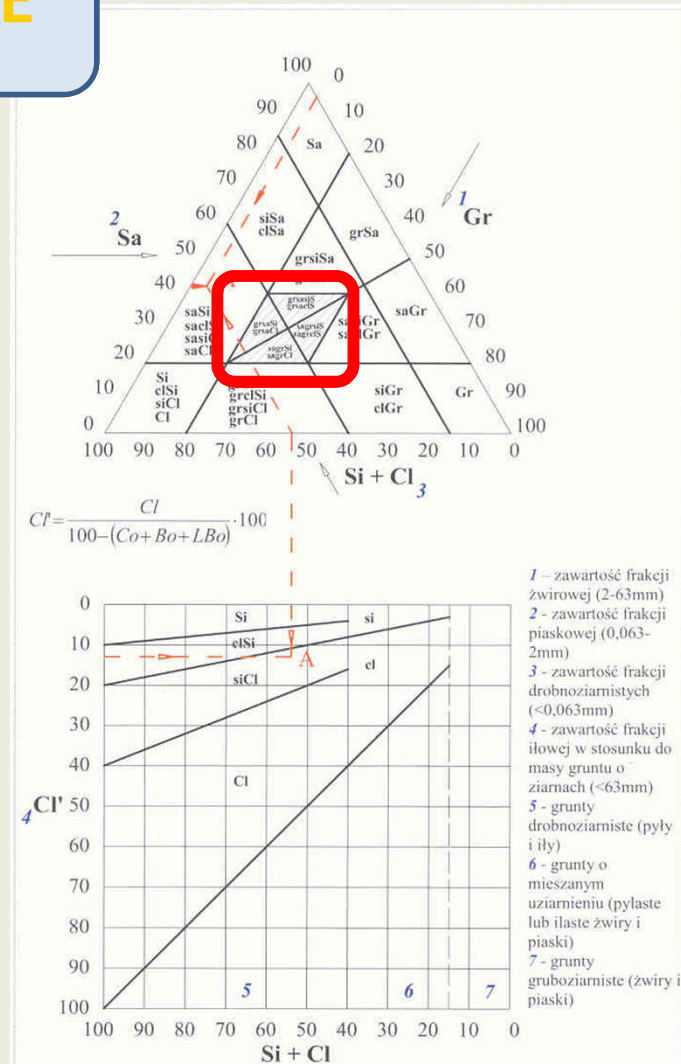
CHARAKTERYSTYKA CHEMICZNA	METODA BADANIA	KLASA EKSPOZYCJI		
		XA1	XA2	XA3
SO_4^{2-} [mg/l]	EN 196-2	200 - 600	600 - 3000	3000 - 6000
pH	ISO 4316	6,5 – 5,5	5,5- 4,5	4,5 – 4,0
CO_2	EN 13577:1999	15 - 40	40 - 100	100 - ...
NH_4^+ [mg/l]	ISO 7150-1	15 - 30	30 - 60	60 – 100
Mg^{2+} [mg/l]	ISO 7980	300 - 1000	1000 - 3000	3000 - ...
SO_4^{2-} [mg/kg]	EN 196-2	2000 - 3000	3000 - 12000	12000 - 24000
Kwasowość [ml/kg]	DIN 4030-2	>200	-	-

EGI: GRUNTY PRZEJŚCIOWE

KRYTERIUM GRANULOMETRYCZNE

KRYTERIUM PLASTYCZNOŚCI

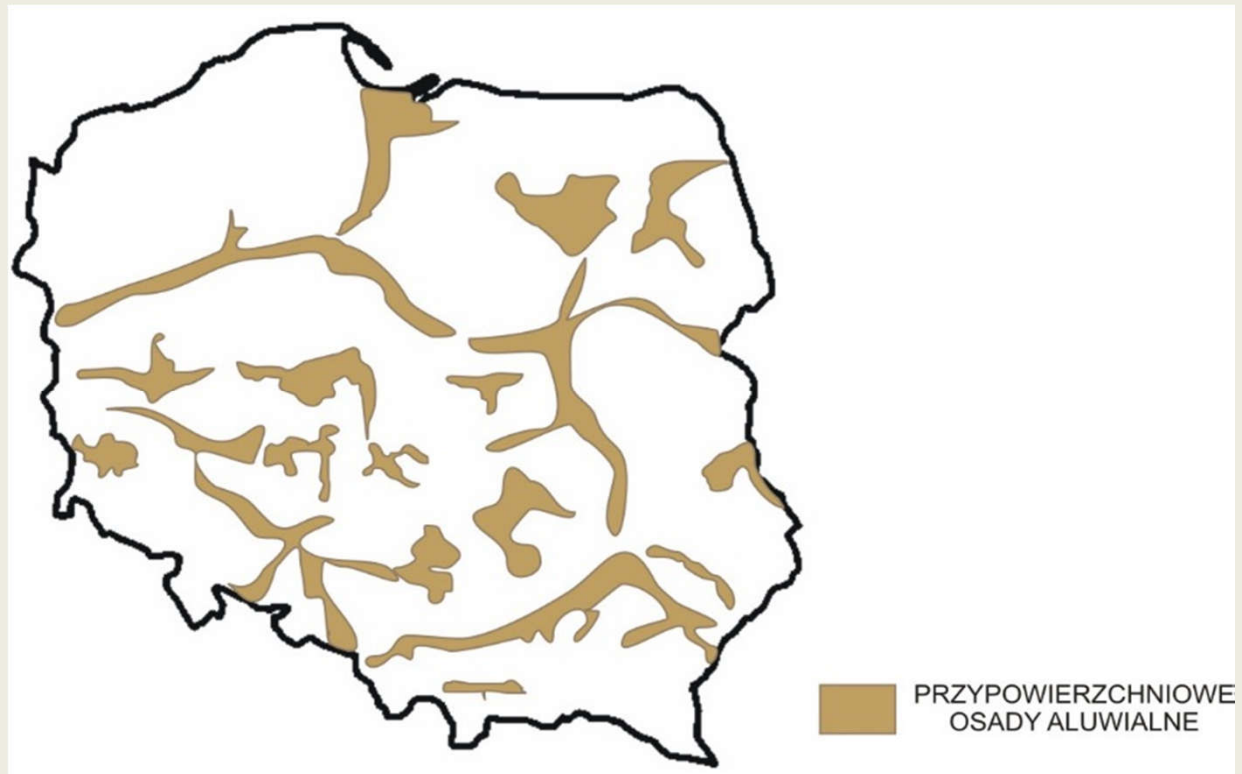
KRYTERIUM DRENAŻU



Rys. 5. „Trójkąt ISO” do rozpoznawania rodzaju gruntu

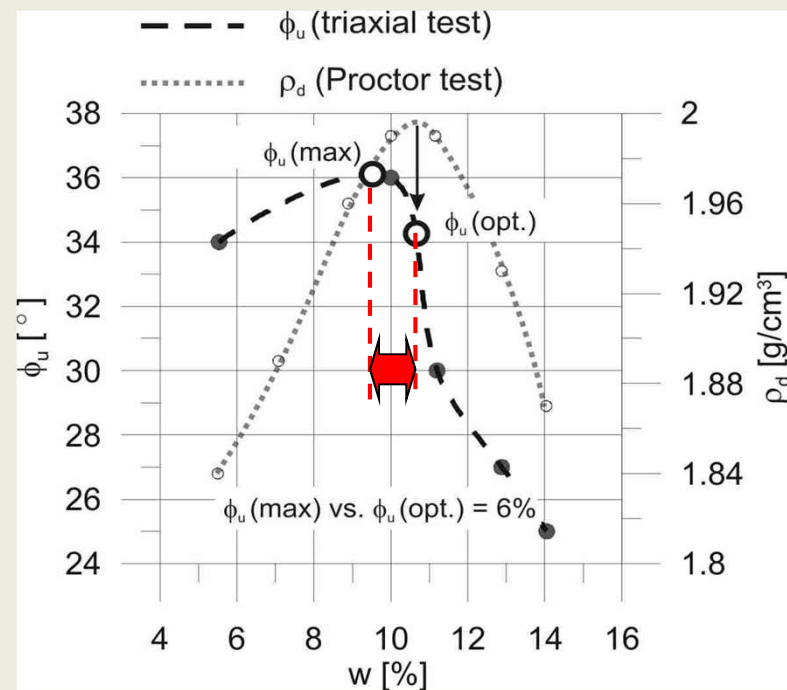
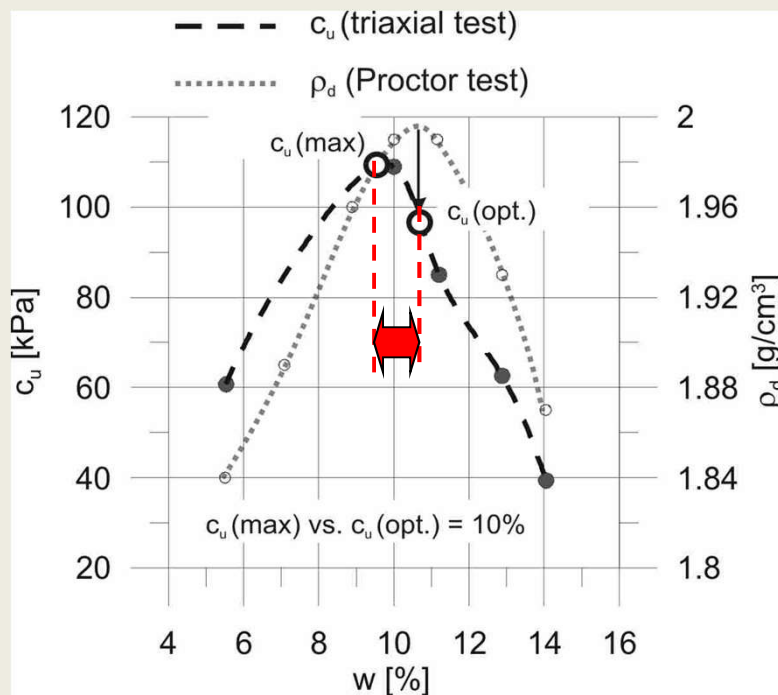
EGI: GRUNTY PRZEJŚCIOWE

WYSTĘPOWANIE



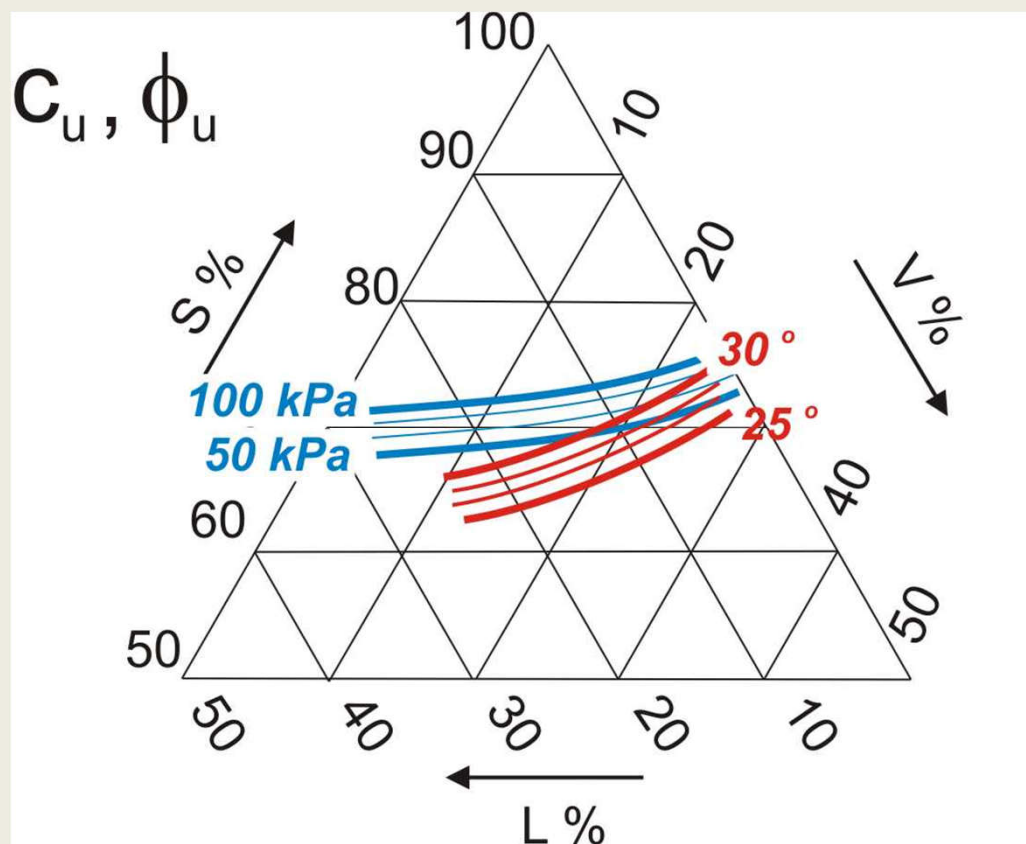
WŁAŚCIWOŚCI

Badanie Proctora



EGI: GRUNTY PRZEJŚCIOWE

WŁAŚCIWOŚCI



EGI: GRUNTY ZAPADOWE

LESS



EGI: GRUNTY ZAPADOWE

LESS



EGI: GRUNTY ZAPADOWE

LESS



WŁAŚCIWOŚCI

wskaźnik osiadania zapadowego

$$i_{mp} = \frac{h' - h''}{h_0}$$

$$i_{mp} > 0,02$$

$$e > 0,72$$

$$n > 0,42$$

EGI:

GRUNTY EKSPANSYWNE

EKSPANSYWNÓŚĆ OBEJMUJE ZJAWISKA:
PĘCZNIENIA I SKURCZU GRUNTÓW

SKURCZ – PROCES ZMNIEJSZANIA SIĘ OBJĘTOŚCI
GRUNTÓW NA SKUTEK UBYTKU WODY POROWEJ

PĘCZNIENIE GRUNTÓW SPOISTYCH JEST
PROCESEM ODWROTNYM DO SKURCZU

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

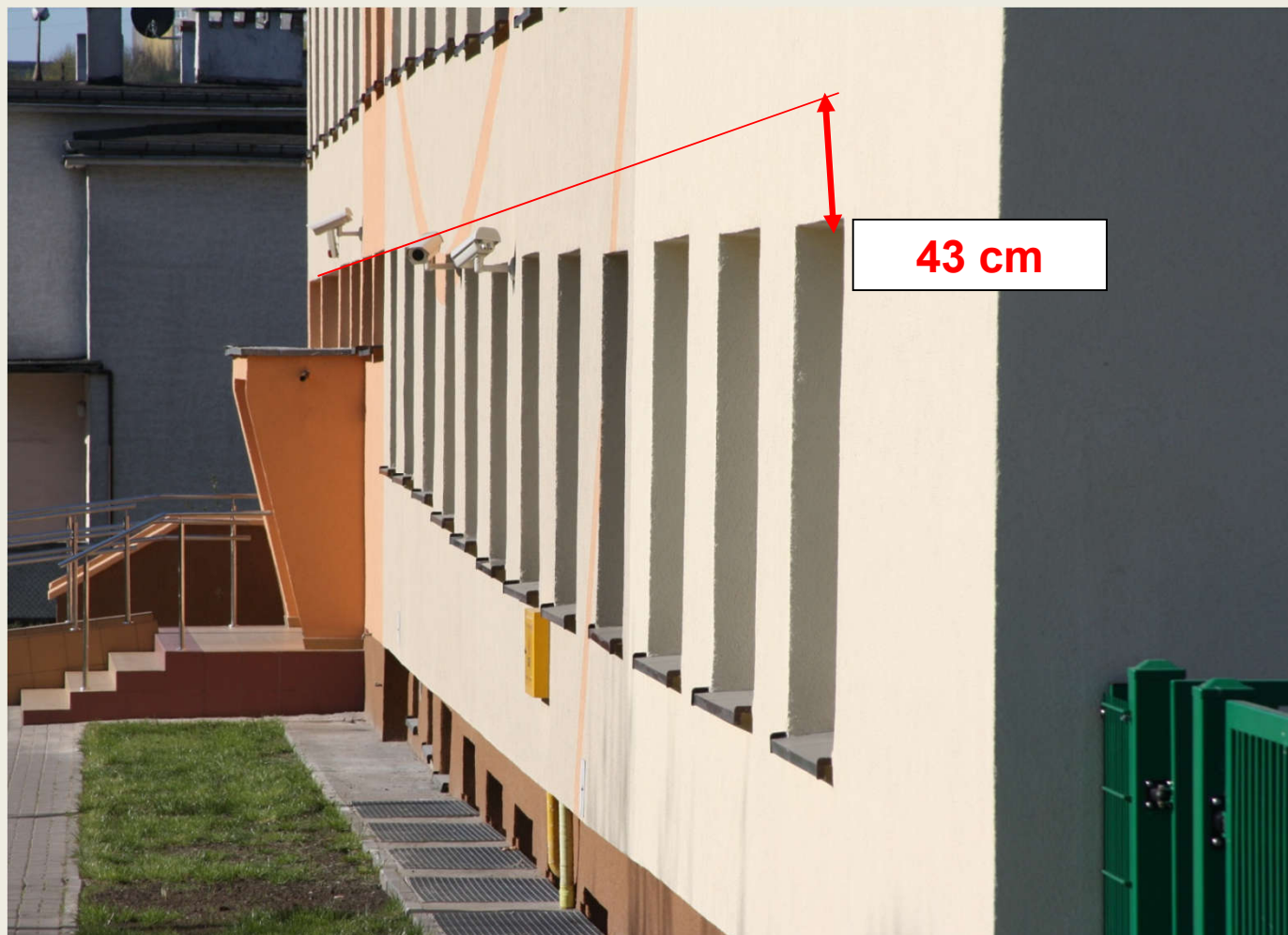
PRZYPADKI



fot. M.K.Kumor

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

PRZYPADKI



fot. M.K.Kumor

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

WYSTĘPOWANIE



SKŁAD MINERALNY

IŁY CHARAKTERYZUJĄ SIĘ WYSOKĄ ZMIENNOŚCIĄ SKŁADU GRANULOMETRYCZNEGO I MINERALNEGO.

TYPOWY SKŁAD MINERALOGICZNY JEST NASTĘPUJĄCY:

- SMECTYT: 11 % - 23 %, (Ca⁺⁺, Na⁺)**
- ILLIT: 5 % - 9 %,**
- KAOLINIT: 6% - 11 %,**
- CHLORYT, KWARC....**

MINERAŁEM PRZEWAŻAJĄCYM W IŁACH O CECHACH EKSPANSYWNYCH SĄ : *BEIDELIT, MONTMORYLLONIT*

CHARAKTERYSTYKA

WZGLĘDNA ZMIANA OBJĘTOŚCI IŁÓW EKSPANSYWNYCH
TZW. SKURCZ OBJĘTOŚCIOWY:

$$V_s = (V' - V'') / V' \quad (\%)$$

gdzie:

V' – próbka gruntu o objętości początkowej [m^3]

V'' – próbka gruntu po suszeniu [m^3]

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

CHARAKTERYSTYKA

<u>PARAMETR</u>	<u>MAX.</u>
CZAS SKURCZU - t_s (h)	50-96
SKURCZ OBJĘTOŚCIOWY-V_s [%]	23-24
GRANICA SKURCZU- w_s [%]	18.2-18.9

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

CHARAKTERYSTYKA

$$V_s = -3,5731 + 0,783 w_n$$

gdzie:

V_s – skurcz objętościowy [%],

w_n – wilgotność naturalna, $> w_s$ [%].

CHARAKTERYSTYKA

WSKAŹNIK PĘCZNIENIA:

$$V_p = (V'' - V') / V' \quad (\%)$$

gdzie:

V' – próbka gruntu o objętości początkowej [m^3]

V'' – próbka gruntu po nawodnieniu [m^3]

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

KLASYFIKACJA EKSPANSYWNOCI POLSKICH GRUNTÓW wg. Niedzielskiego WPROWADZA TZW. PRZEDZIAŁ SKURCZALNOŚCI

$$(w_L - w_s) (\%)$$

NA JEGO PODSTAWIE CZTERY STOPNIE EKSPANSYWNOCI:

Bardzo wysoki: $(w_L - w_s) > 50 \%$,

Wysoki: $35 \% < (w_L - w_s) < 50 \%$,

Średni: $20 \% < (w_L - w_s) < 35 \%$,

Niski: $(w_L - w_s) < 20 \%$.

WŁAŚCIWOŚCI

<u>Parametry</u>	<u>Max.</u>	<u>Średnie</u>	<u>Min.</u>
Czas pęcznienia - t_p (h)	>340	24–36	6–8
Ciśnienie pęcznienia - p_c (kPa)	1200	200-400	~12
Skurcz - v_s [%]	44.1	32-34	~5
Wilgotność pęcznienia - w_c [%]	137	80-99	38
Granica skurczu - w_s [%]	18.5	13.7	12.8
Granica płynności - w_L [%]	148.5	82.1	45.6
Wskaźnik pęcznienia - v_p [%]	62.0	~21.7	5.6

WŁAŚCIWOŚCI

Parametry mechaniczne iłóv ekspansywnych

Stopień plastyczności – I_L (-) – < 0,0 do 0,10

Spójność - c [kPa] – 57 do 180

Kąt tarcia wewnętrznego - ϕ [°] – 6 do 25

Moduł edometryczny – M_0 [MPa] – 4,4 do 15,0

wietrzenie



- c : 40 %
- ϕ : 20 %

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

CHARAKTERYSTYKA

**IŁY EKSPANSYWNE PÓŁNOCNEJ POLSKI
ZALICZYĆ MOŻNA
DO GRUNTÓW BARDZO SPOISTYCH O WYSOKIM
STOPNIU EKSPANSYWNOŚCI**

$$(W_L - W_S)_{maks} = 82,1\%$$

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

ZASADY

**ZABEZPIECZENIE PODŁOŻA
PRZED ZMIANAMI
WILGOTNOŚCI**

**ZASTOSOWANIE METOD
POSADOWIENIA ODPORNYCH
NA EKSPANSYWNOŚĆ**



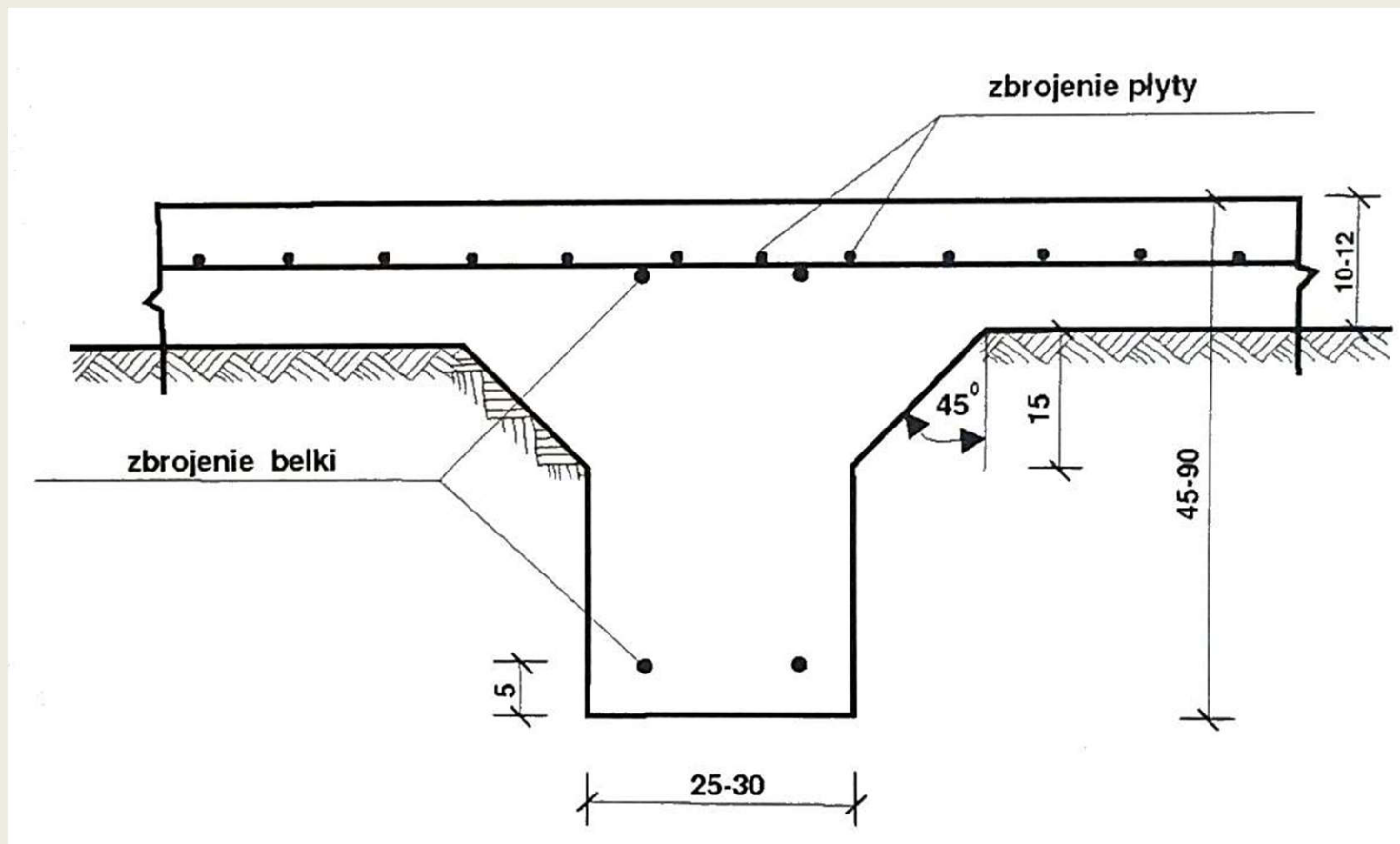
- **OBIEKTY W CAŁOŚCI PODPIWNICZONE**
- **POSADOWIENIE <1,5 m ppt**
- **DRENAŻ PERYFERYJNY**

ZASADY

- NATYCHMIASTOWA IZOLACJA WYKOPU
- STARANNE USZCZELNIENIE OTOCZENIA
- UJĘCIE WÓD OPADOWYCH
- ELASTYCZNE CIĄGI INSTALACJI
- PLANOWANIE ZIELENI ($L > 1,5$ h)
- WZMOCNIENIE FUNDAMENTÓW
- ZASTOSOWANIE DYLATACJI WEWN.

EGI: GRUNTY EKSPANSYWNE

ZASADY



EGI:

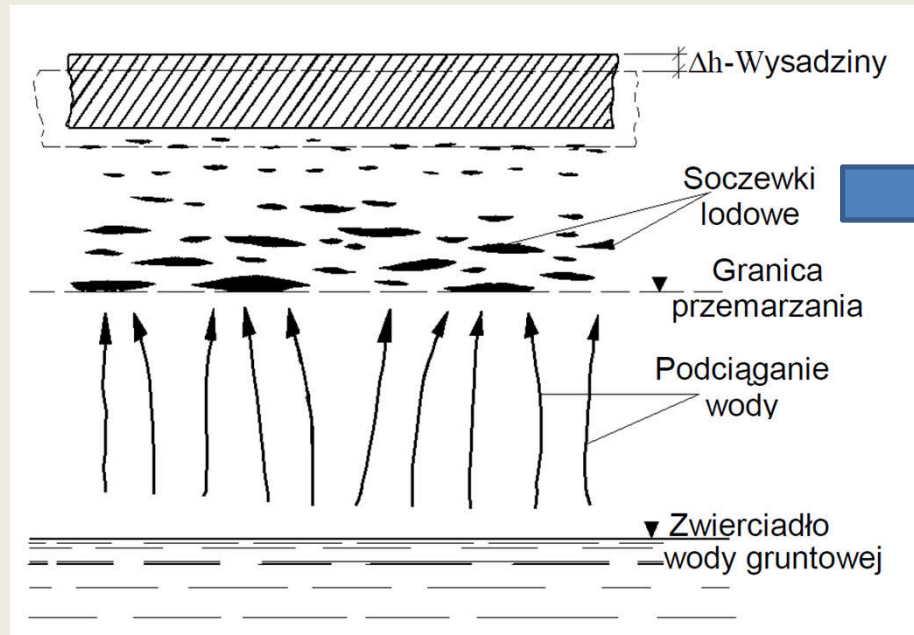
GRUNTY WYSADZINOWE

GRUNTY WYSADZINOWE – GRUNTY, KTÓRE POD WPŁYWEM TEMPERATURY UJEMNEJ ZWIĘKSZAJĄ SWOJĄ OBJĘTOŚĆ

WYSADZINOWOŚĆ – CECHA WYNIKAJĄCA Z POWIĘKSZANIA SIĘ PRZESTRZENI MIĘDZYZIARNOWEJ W GRUNCIE I W EFEKCIE PRZEMIESZCZANIA SIĘ ZIAREN GRUNTU KU GÓRZE, **W WYNIKU ZAMARZANIA WODY W PORACH GRUNTU**

EGI: GRUNTY WYSADZINOWE

ZJAWISKO

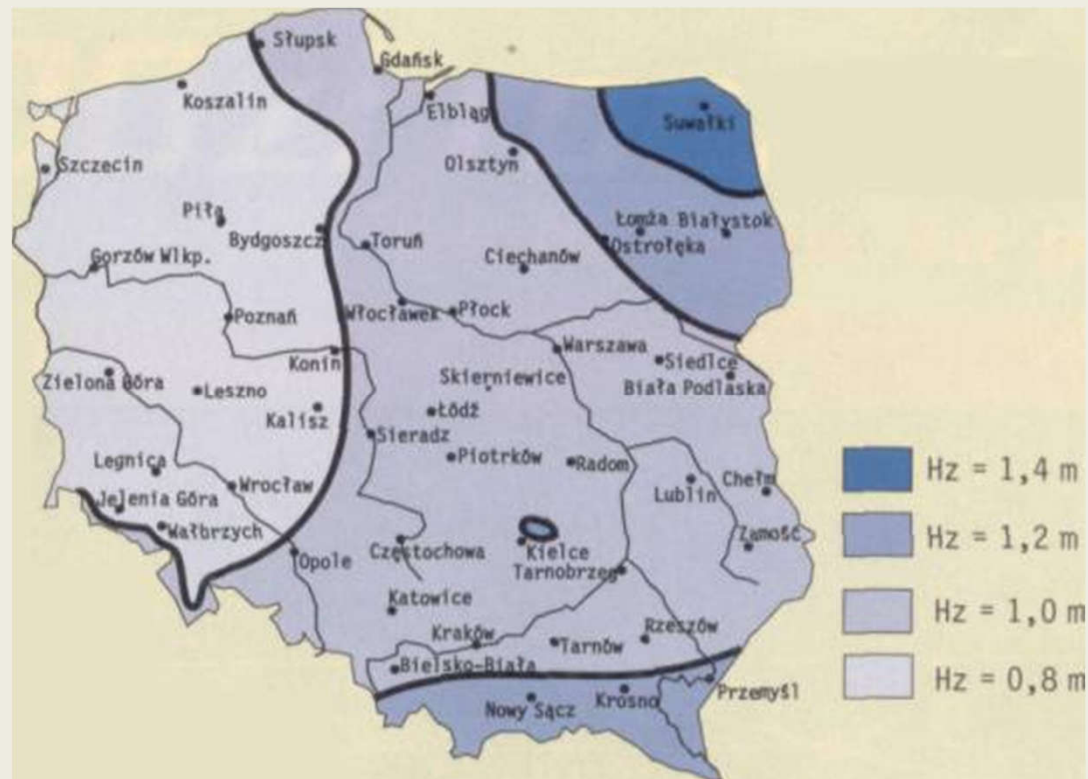


wysokość wysadzin do 0,5m

ciśnienie wysadzin około 200 kPa

EGI: GRUNTY WYSADZINOWE

STREFY



KLASYFIKACJA

**GRUNTY
NIEWYSADZINOWE**

- Gr, saGr, Sa
- < 15% frakcji <0,075 mm
- < 3% frakcji <0,002 mm
- $H_{kb} < 1,0m$

**GRUNTY
WAŹPLIWE**

- siSa, clGr
- 15 – 30% frakcji <0,075 mm
- 3 - 10% frakcji <0,002 mm
- $H_{kb} > 1,0m$

EGI: GRUNTY WYSADZINOWE

KLASYFIKACJA

GRUNTY WYSADZINOWE

mało: siCl, saCl, Cl bardzo: clSa, clSi, clsiSa, Si

- >30% frakcji <0,075 mm
- >10% frakcji <0,002 mm
- $H_{kb} > 1,0m$

EGI: GRUNTY WYSADZINOWE

KLASYFIKACJA

Rodzaj gruntów podłoża	Grupa nośności podłoża dla warunków wodnych			
	Dobre	Przeciętne	Złe	Opis
Grunty niewysadzinowe	G 1	G 1	G 1	Żwiry, pospółki, piaski grubo-, średnio-, drobno-ziarniste, rumosze skalne, żużle nierozpadowe
Grunty wątpliwe	G 1	G 2	G 2	Piaski pylaste
Grunty wątpliwe	G 1	G 2	G 3	Żwiry gliniaste, pospółki gliniaste, zwietrzliny gliniaste, rumosze gliniaste
Grunty mało wysadzinowe	G 2	G 3	G 4	Gliny zwięzłe, gliny piaszczyste i pylaste, ify, ify piaszczyste i pylaste
Grunty bardzo wysadzinowe	G 3	G 4	G 4	Piaski gliniaste, pyły piaszczyste, pyły, gliny, gliny piaszczyste i pylaste, ify warwowe

EGI:**KATEGORIE ODSPOJENIA****URABIALNOŚĆ GRUNTU - PN-B-06050:1999**

Geotechnika - Roboty ziemne - Wymagania ogólne

Kategoria	Charakterystyka i rodzaj gruntu	Średnia gęstość objętościowa [t/m ³]	Narzędzia wystarczające do odspajania gruntu	Średnie spulchnienie początkowe [%]
I	piasek suchy, gleba uprawna zaorana, torf bez korzeni	1,0–1,6	narzędzia ręczne (np. łopaty)	5–30
II	piasek wilgotny, gliniasty, żwir luźny, nasypy z piasku, torf z korzeniami do 30 mm grubości	1,1–1,8	jw. (dodatkowo motyki lub oskardy)	15–25
III	piaski gliniaste, pyły i lessy, rumosz skalny, gliny bez głązów, nasypy zleżale, mady i namuły rzeczne, torf z korzeniami ponad 30 mm grubości	1,4–2,0	maszyny budowlane do robót ziemnych	25–35
IV	lessy suche zwarte, gliny ciężkie i zwałowe z głązami (głazy do 50 kg – nie więcej niż do 10% objętości gruntu), iłolupki miękkie, nasypy zleżale z gruzem lub tłuczniem	1,9–2,1	maszyny budowlane do robót ziemnych (także ciężkie)	25–35

EGI: DOKUMENTOWANIE BADAŃ

**PROJEKT
BUDOWLANY**



OPINIA GEOTECHNICZNA



DOKUMENTACJA BADAŃ PODŁOŻA

PROJEKT GEOTECHNICZNY



DOKUMENTACJA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA

**ZAGOSPODAROWANIE
PRZESTRZENNE**



**DOKUMENTACJA
GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKA**

EGI:

DOKUMENTOWANIE BADAŃ



DZIENNIK USTAW

RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

Warszawa, dnia 27 kwietnia 2012 r.

Poz. 463

ROZPORZĄDZENIE
MINISTRA TRANSPORTU, BUDOWNICTWA I GOSPODARKI MORSKIEJ¹⁾

z dnia 25 kwietnia 2012 r.

w sprawie ustalania geotechnicznych warunków posadawiania obiektów budowlanych

KATEGORIE GEOTECHNICZNE

1) **pierwsza kategoria geotechniczna**, która obejmuje posadawianie niewielkich obiektów budowlanych, o statycznie wyznaczalnym schemacie obliczeniowym **w prostych warunkach gruntowych**, takich jak:

- a) 1- lub 2-kondygnacyjne budynki mieszkalne i gospodarcze,*
- b) ściany oporowe i rozparcia wykopów, jeżeli różnica poziomów nie przekracza 2,0 m,*
- c) wykopy do głębokości 1,2 m i nasypy budowlane do wysokości 3,0 m wykonywane w szczególności przy budowie dróg, pracach drenażowych oraz układaniu rurociągów;*

KATEGORIE GEOTECHNICZNE

2) **druga kategoria geotechniczna**, która obejmuje obiekty budowlane posadawiane w **prostych i złożonych warunkach gruntowych**, takie jak:

- a) fundamenty bezpośrednio lub głębokie,*
- b) ściany oporowe lub inne konstrukcje oporowe, utrzymujące grunt lub wodę,*
- c) wykopy, nasypy budowlane, oraz inne budowle ziemne,*
- d) przyczółki i filary mostowe oraz nabrzeża,*
- e) kotwy gruntowe i inne systemy kotwiące;*

EGI:

DOKUMENTOWANIE BADAŃ

KATEGORIE GEOTECHNICZNE

3) trzecia kategoria geotechniczna, która obejmuje:

- a) obiekty budowlane posadawiane w skomplikowanych warunkach gruntowych,*
- b) nietypowe obiekty budowlane niezależnie od stopnia skomplikowania warunków gruntowych, których wykonanie lub użytkowanie może stwarzać poważne zagrożenie dla użytkowników, takie jak: zapory wodne i inne budowle hydrotechniczne o wysokości piętrzenia powyżej 5,0 m*

**WARUNKI
GRUNTOWE**

1) **proste** – występujące w przypadku warstw gruntów **jednorodnych genetycznie i litologicznie**, zalegających poziomo, nieobejmujących mineralnych gruntów słabonośnych, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

**WARUNKI
GRUNTOWE**

1) **proste** – występujące w przypadku warstw gruntów jednorodnych genetycznie i litologicznie, **zalegających poziomo**, nieobejmujących mineralnych gruntów słabonośnych, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

EGI:

DOKUMENTOWANIE BADAŃ

WARUNKI GRUNTOWE

1) **proste** – występujące w przypadku warstw gruntów jednorodnych genetycznie i litologicznie, zalegających poziomo, **nieobejmujących** mineralnych **gruntów słabonośnych**, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

**WARUNKI
GRUNTOWE**

1) **proste** – występujące w przypadku warstw gruntów jednorodnych genetycznie i litologicznie, zalegających poziomo, nieobejmujących mineralnych gruntów słabonośnych, gruntów organicznych i nasypów niekontrolowanych, przy **zwierciadle wody poniżej projektowanego poziomu posadowienia** oraz braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

EGI:

DOKUMENTOWANIE BADAŃ

WARUNKI GRUNTOWE

2) **złożone** – występujące w przypadku warstw gruntów **niejednorodnych, nieciągłych, zmiennych genetycznie i litologicznie**, obejmujących mineralne grunty słabonośne, grunty organiczne i nasypy niekontrolowane, przy zwierciadle wód gruntowych w poziomie projektowanego posadawiania i powyżej tego poziomu oraz przy braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

EGI:

DOKUMENTOWANIE BADAŃ

WARUNKI GRUNTOWE

2) **złożone** – występujące w przypadku warstw gruntów niejednorodnych, nieciągłych, zmiennych genetycznie i litologicznie, obejmujących mineralne grunty słabonośne, grunty organiczne i nasypy niekontrolowane, przy zwierciadle wód gruntowych w poziomie projektowanego posadawiania i powyżej tego poziomu oraz przy braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

EGI:

DOKUMENTOWANIE BADAŃ

WARUNKI GRUNTOWE

2) **złożone** – występujące w przypadku warstw gruntów niejednorodnych, nieciągłych, zmiennych genetycznie i litologicznie, obejmujących mineralne grunty słabonośne, grunty organiczne i nasypy niekontrolowane, przy zwierciadle wód gruntowych w poziomie projektowanego posadawiania i powyżej tego poziomu oraz przy braku występowania niekorzystnych zjawisk geologicznych;

EGI:

DOKUMENTOWANIE BADAŃ

WARUNKI GRUNTOWE

3) **skomplikowane** – występujące w przypadku warstw gruntów objętych występowaniem niekorzystnych zjawisk geologicznych, zwłaszcza zjawisk i form krasowych, osuwiskowych, sufozyjnych, kurzawkowych, glacitektonicznych, gruntów ekspansywnych i zapadowych, na obszarach szkód górniczych, przy możliwych nieciągłych deformacjach górotworu, w obszarach dolin i delt rzek oraz na obszarach morskich.