



TEKTONIKA

Wykład 3

Podstawy teorii zniszczenia - cd.

dr hab. Edyta Jurewicz

pok. nr 1055

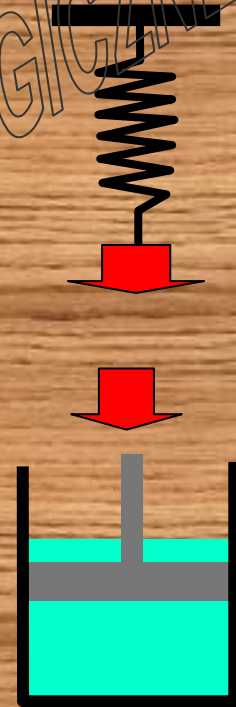


MODELE REOLOGICZNE

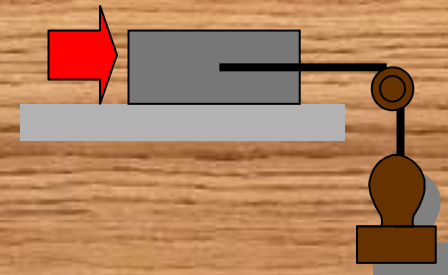
**Ciało doskonałe sprężyste
(ciało Hooka)
prawo Hooka**

$$\varepsilon = e\sigma$$

**Ciało doskonałe lepkie
(ciecz Newtona)**



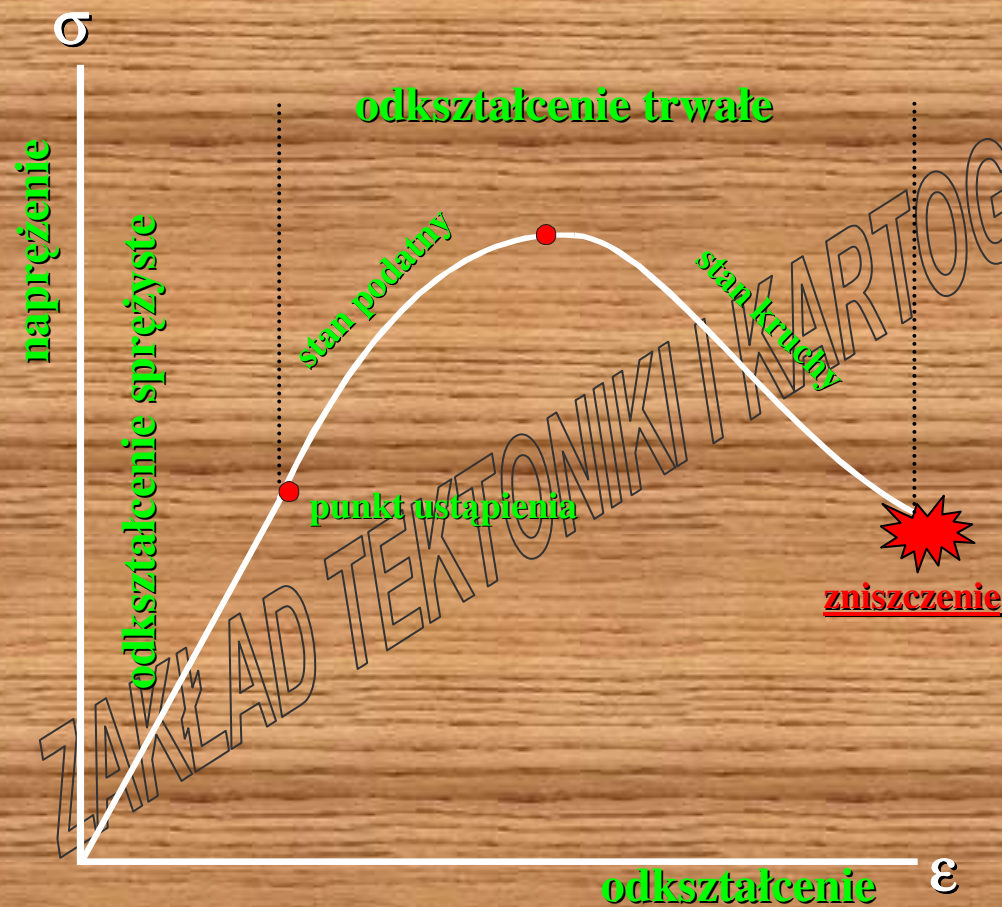
**Ciało doskonałe plastyczne
(ciało St. Venanta)
- model tarcia**



ODKSZTAŁCENIE / ZNISZCZENIE



krzywa zniszczenia dla skał



zniszczenie
kruche
(brittle)

zniszczenie
półkruche
(semi-brittle)

zniszczenie
podatne
(ductile)

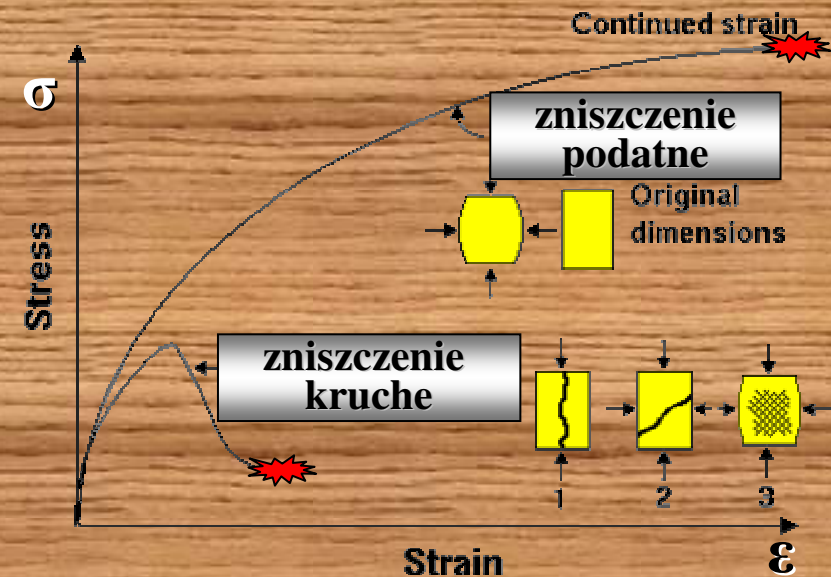
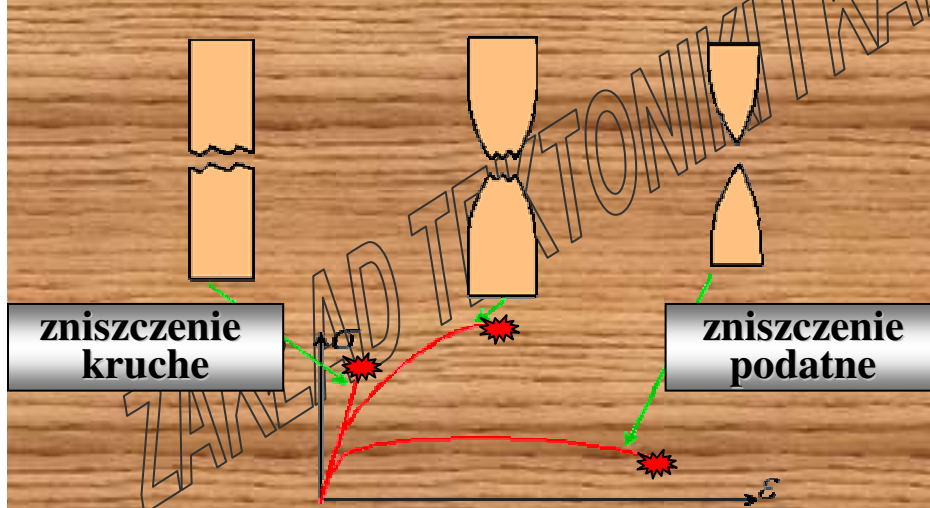


KRZYWE ZNISZCZENIA DLA CIAŁ KRUCHYCH I PODATNYCH

TENSJA



KOMPRESJA





WYTRZYMAŁOŚĆ

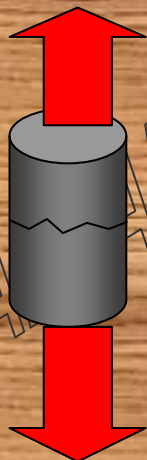
Wytrzymałość – to największa wartość naprężenia jaką dane ciało może znieść nie ulegając zniszczeniu

Wytrzymałość na: - ściskanie R_c
- rozciąganie R_r
- ścinanie R_t

Wytrzymałość na ściskanie » wytrzymałość na rozciąganie!!!

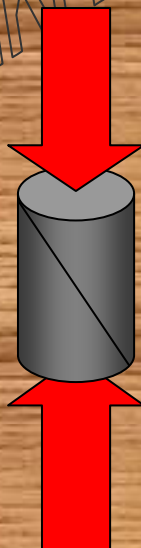
$$R_c \gg R_r$$

złom kruchy



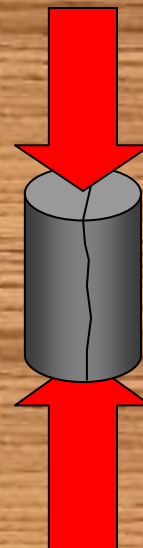
rozciąganie

złom poślizgowy



ściskanie

złom rozdzielczy



ściskanie
lub
rozciąganie



WYTRZYMAŁOŚĆ SKAŁ

wytrzymałość na:

- ściskanie R_c
- rozciąganie R_r
- ścinanie R_t

(MPa)	R_c	R_r	R_t
bazalt	150-300	10-20	10
granit	100-200	5-15	15-30
wapień	40-100	3-7	10-20
piaskowiec	50-90	2-6	5-15

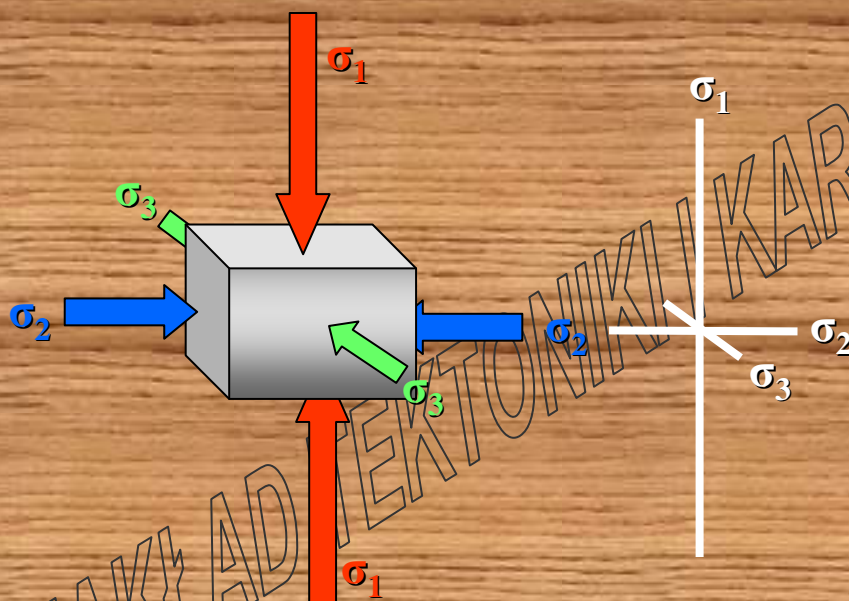
Wytrzymałość próbki » wytrzymałość masywu!!!





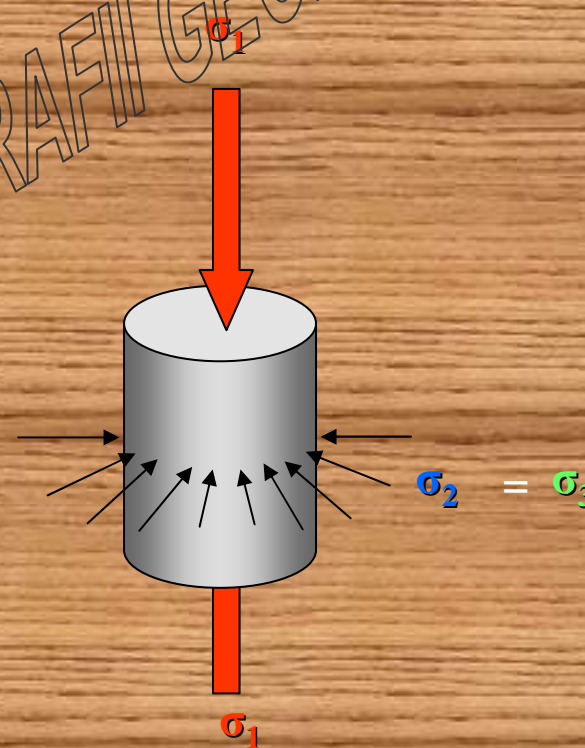
UKŁADY NAPRĘŻEŃ

$$\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$$



trójosiowy

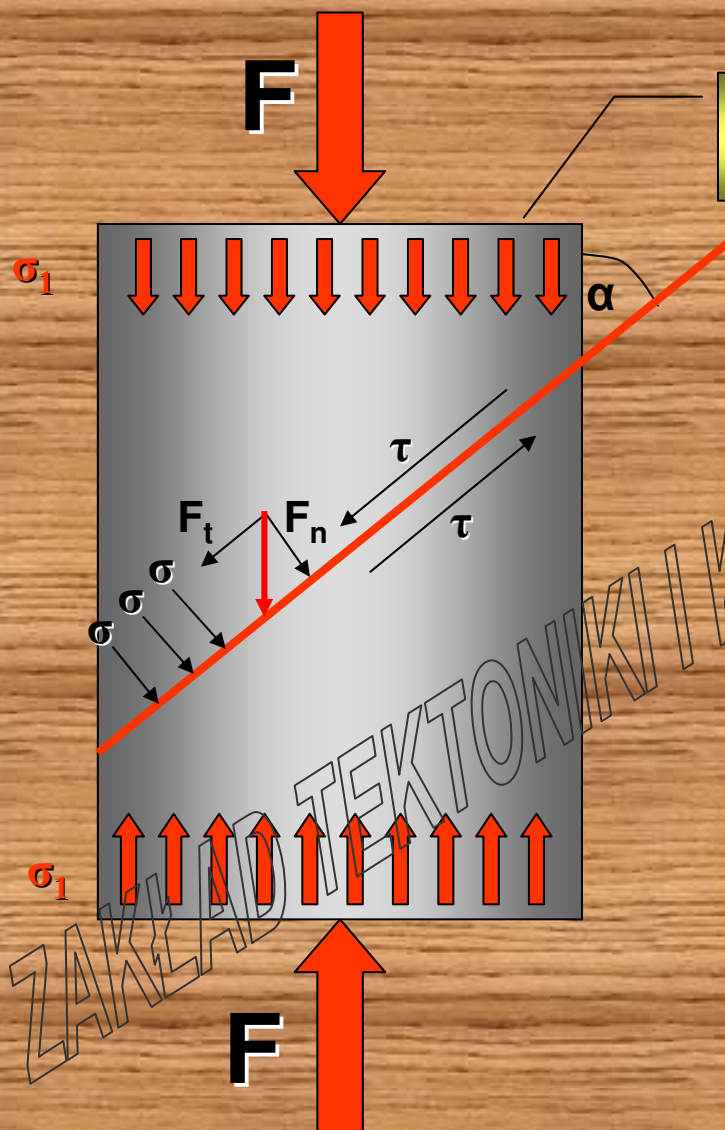
$$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$$



jednoosiowy



JEDNOOSIOWY UKŁAD NAPRĘŻEŃ



$$\sigma = \frac{F}{A}$$

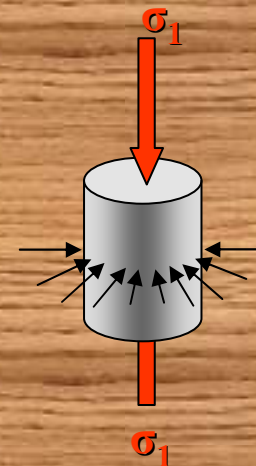
$$\begin{aligned} F_n &= F \sin \alpha \\ F_t &= F \cos \alpha \\ \tau &= \frac{F}{A} \cos \alpha \sin \alpha = \sigma \cos \alpha \sin \alpha = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha \\ \tau &= \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha \end{aligned}$$

F_n – składowa normalna
 F_t – składowa styczna

σ – naprężenie normalne
 τ – naprężenie ścinające

$\sigma_{\max}$ – gdy: $\sin 2\alpha = 90^\circ = 1$
 $\sigma_{\min}$ – gdy: $\sin 2\alpha = 0^\circ = 0$

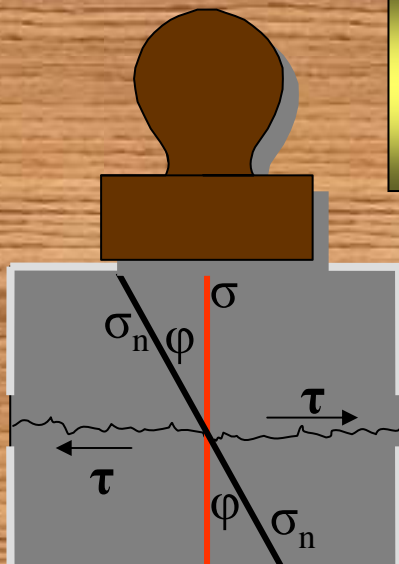
$\tau_{\max}$ – gdy: $\sin (2 \times 45^\circ) = 1$
 $\tau_{\min}$ – gdy: $\sin (2 \times 90^\circ) = 0$



RÓWNIANIE TARCIA



σ = naprężenia normalne
 τ = naprężenia styczne
 φ = kąt tarcia wewnętrznego



$$\frac{\tau}{\sigma} = \operatorname{tg} \varphi$$
$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi$$

$$\tau = \sigma \operatorname{tg} \varphi = \text{równanie tarcia}$$

φ – kąt tarcia wewnętrznego – jest miarą oporu skały przeciw poślizgowi

Prawo tarcia – tarcie jest tym mniejsze, im mniejsze jest naprężenie normalne działające prostopadle do powierzchni poślizgu

Tarcie zewnętrzne – tarcie na już istniejącej powierzchni zniszczenia



NAPRĘŻENIA NORMALNE I STYCZNE

$$2\theta = \pm(90^\circ - \varphi)$$

θ – kąt ścinania

φ – kąt tarcia wewnętrznego

$$2\alpha = \pm(90^\circ + \varphi)$$

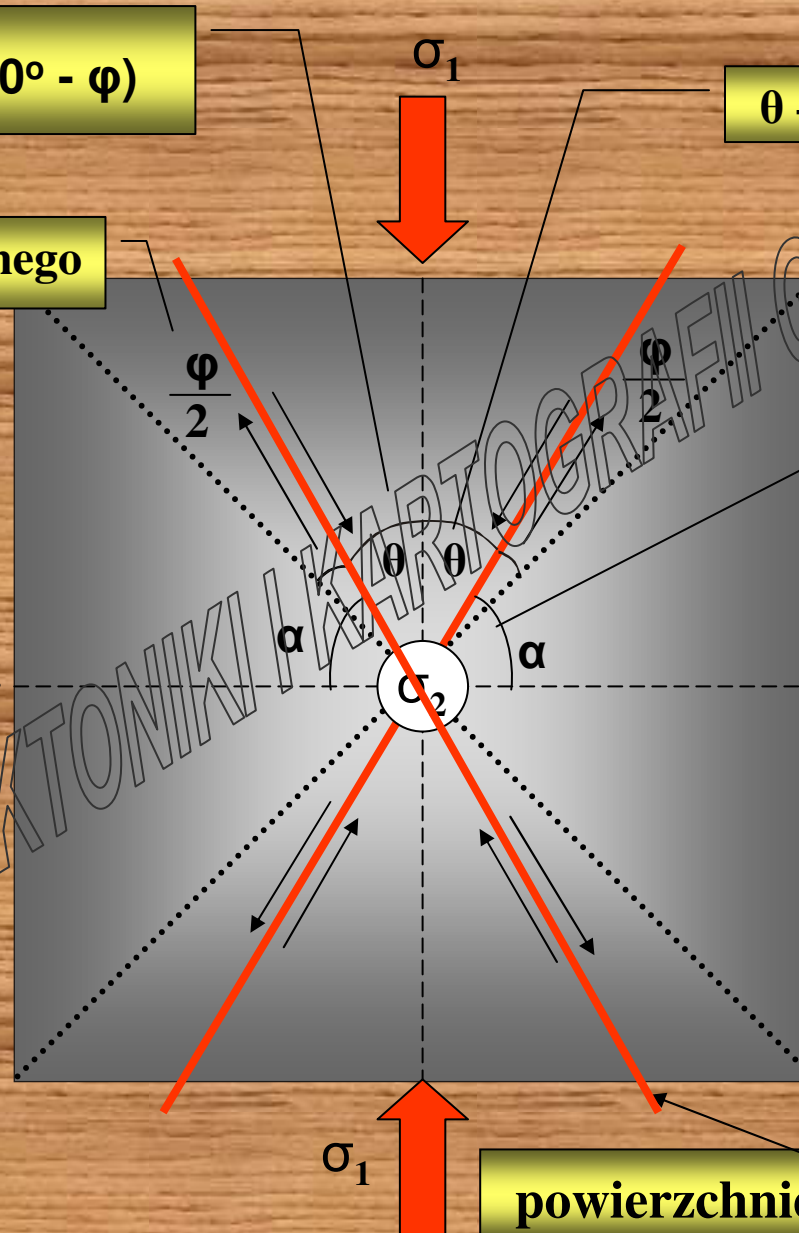
$$\alpha = \pm(45^\circ + \frac{\varphi}{2})$$

$$\tau = \frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha$$

$$\tau = \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} \sin 2\alpha$$

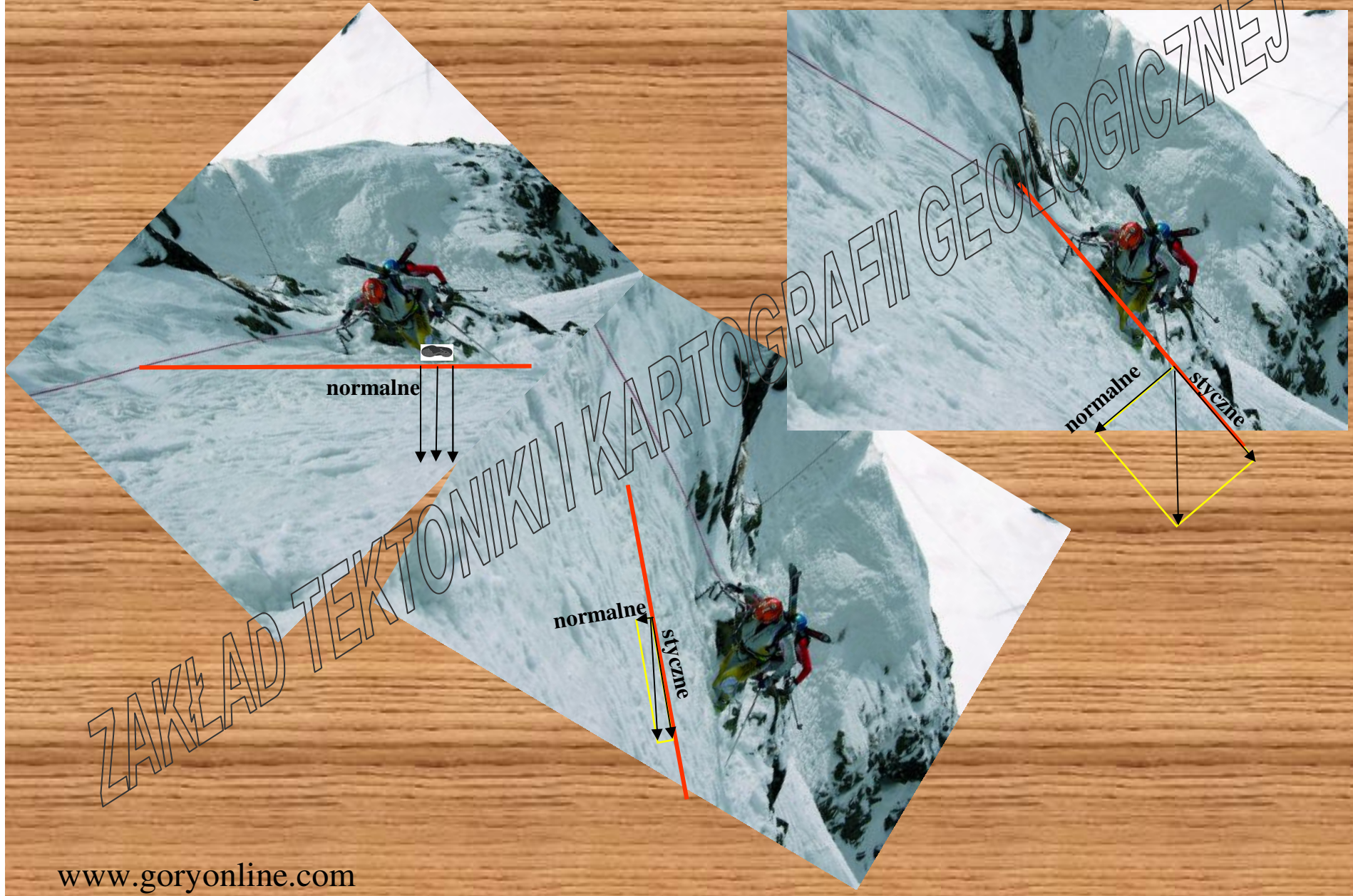
płaszczyzna największego ścinania (45°)

powierzchnie ścięć komplementarnych





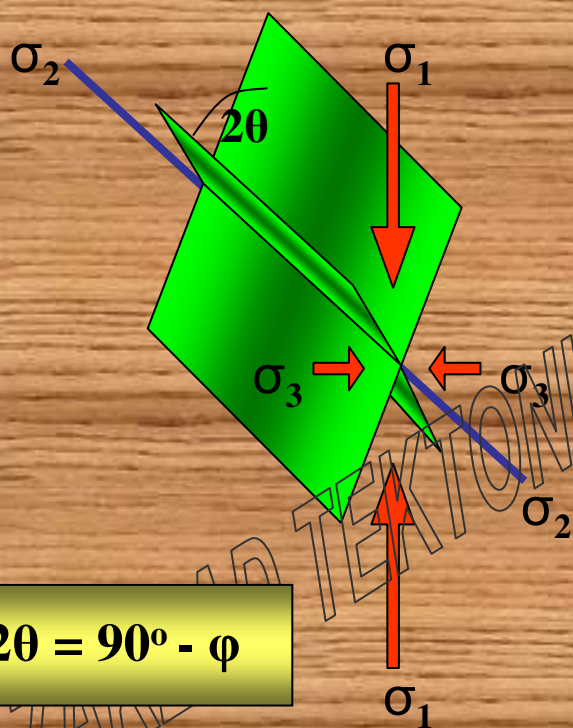
NAPRĘŻENIA NORMALNE I STYCZNE





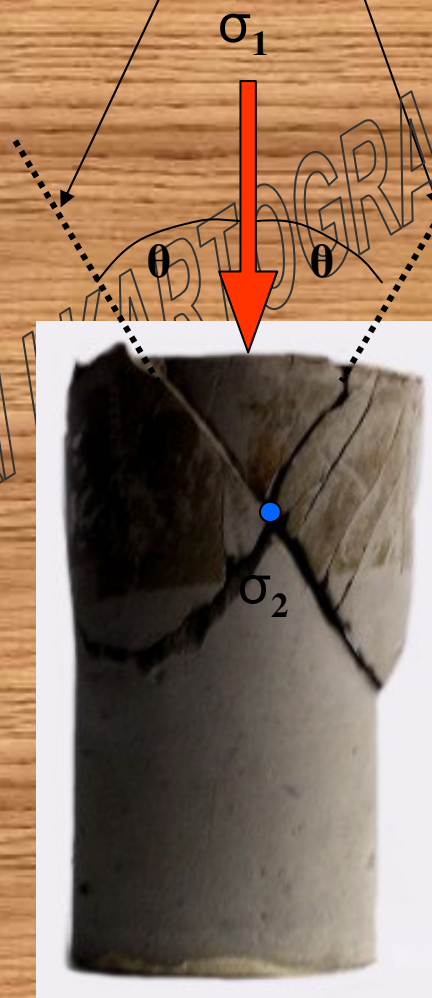
POWIERZCHNIE ŚCIĘĆ KOMPLEMENTARNYCH

powierzchnie ścieć komplementarnych



$$2\theta = 90^\circ - \varphi$$

$$45^\circ < 2\theta < 90^\circ$$





ŚCIECIA KOMPLE- MENTARNE

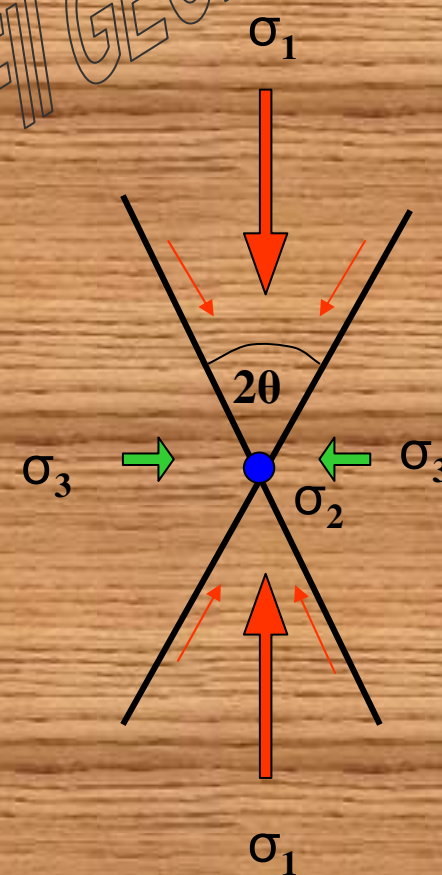
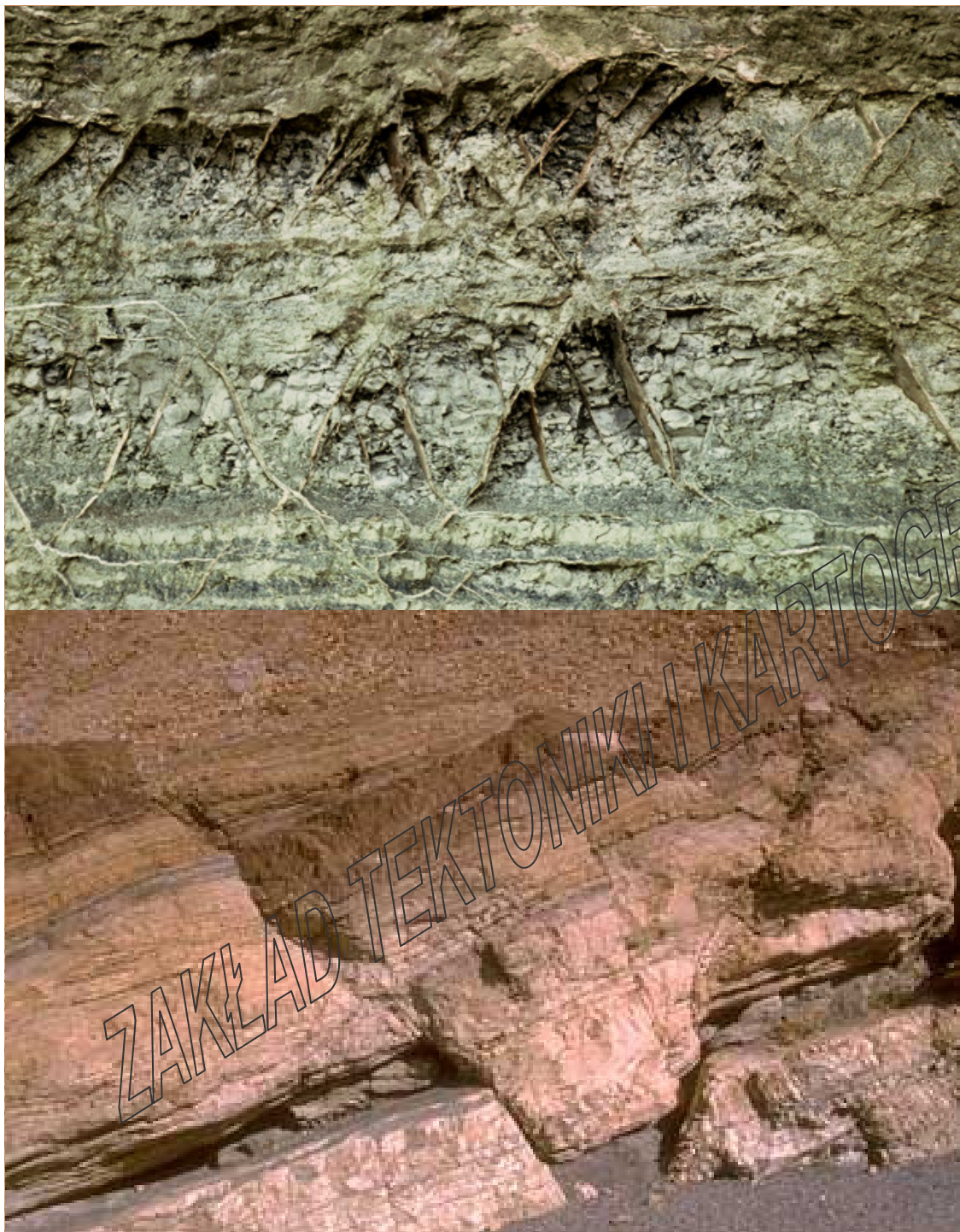
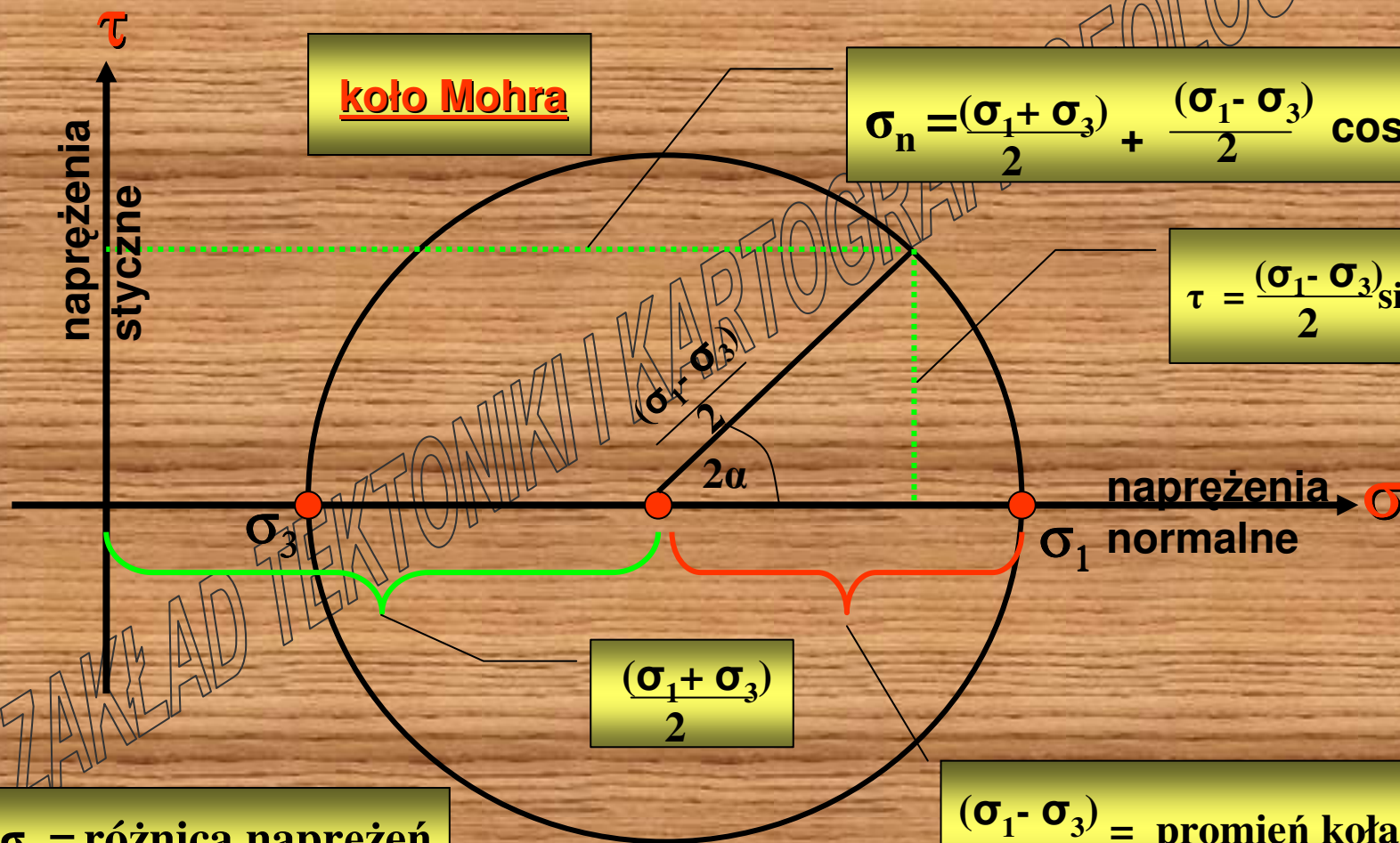


DIAGRAM MOHRA

(Otto Mohr 1882)



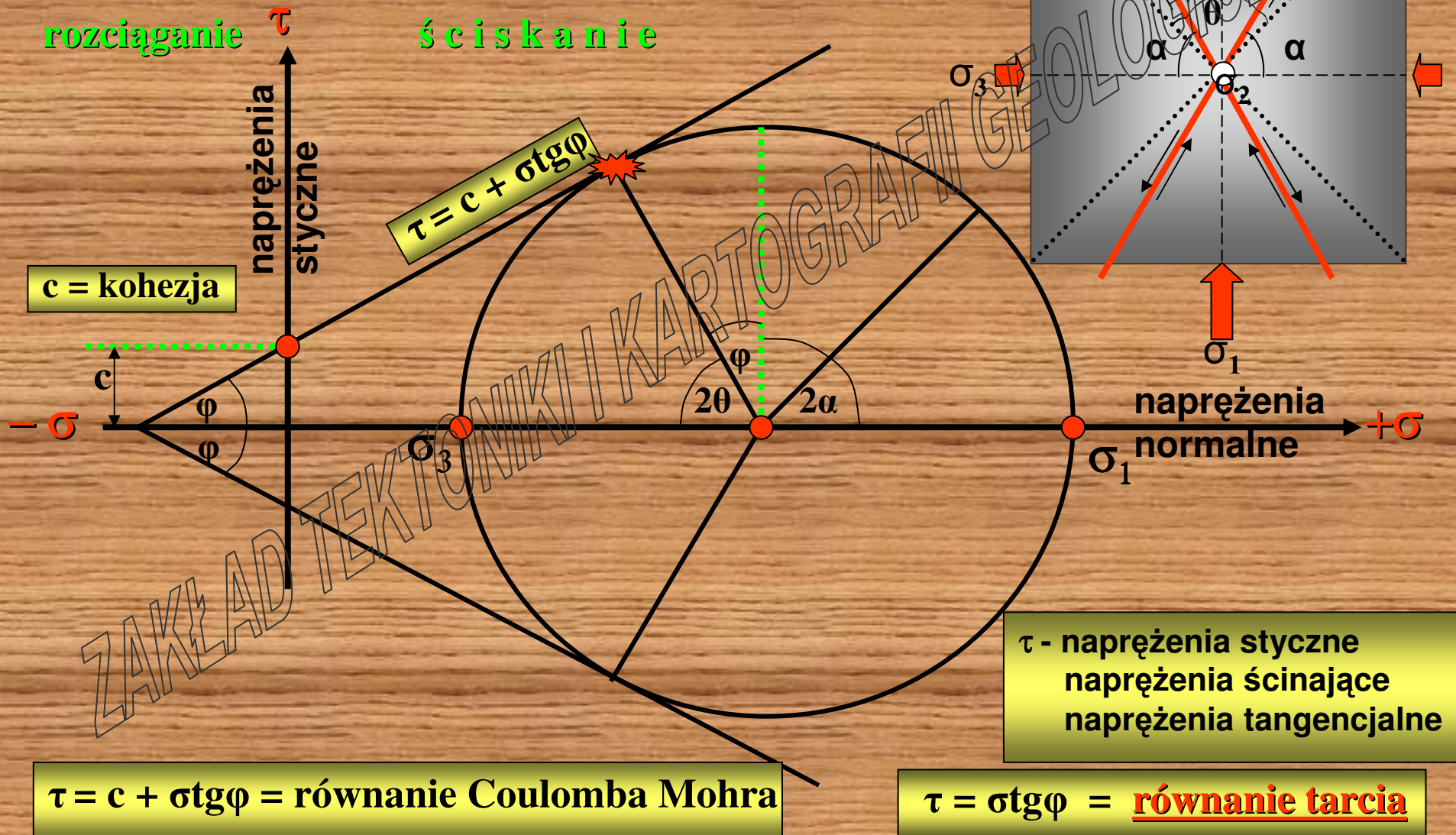
zależność między naprężeniami stycznymi i normalnymi



$\sigma_1 - \sigma_3 =$ różnica naprężeń
(differential stress)

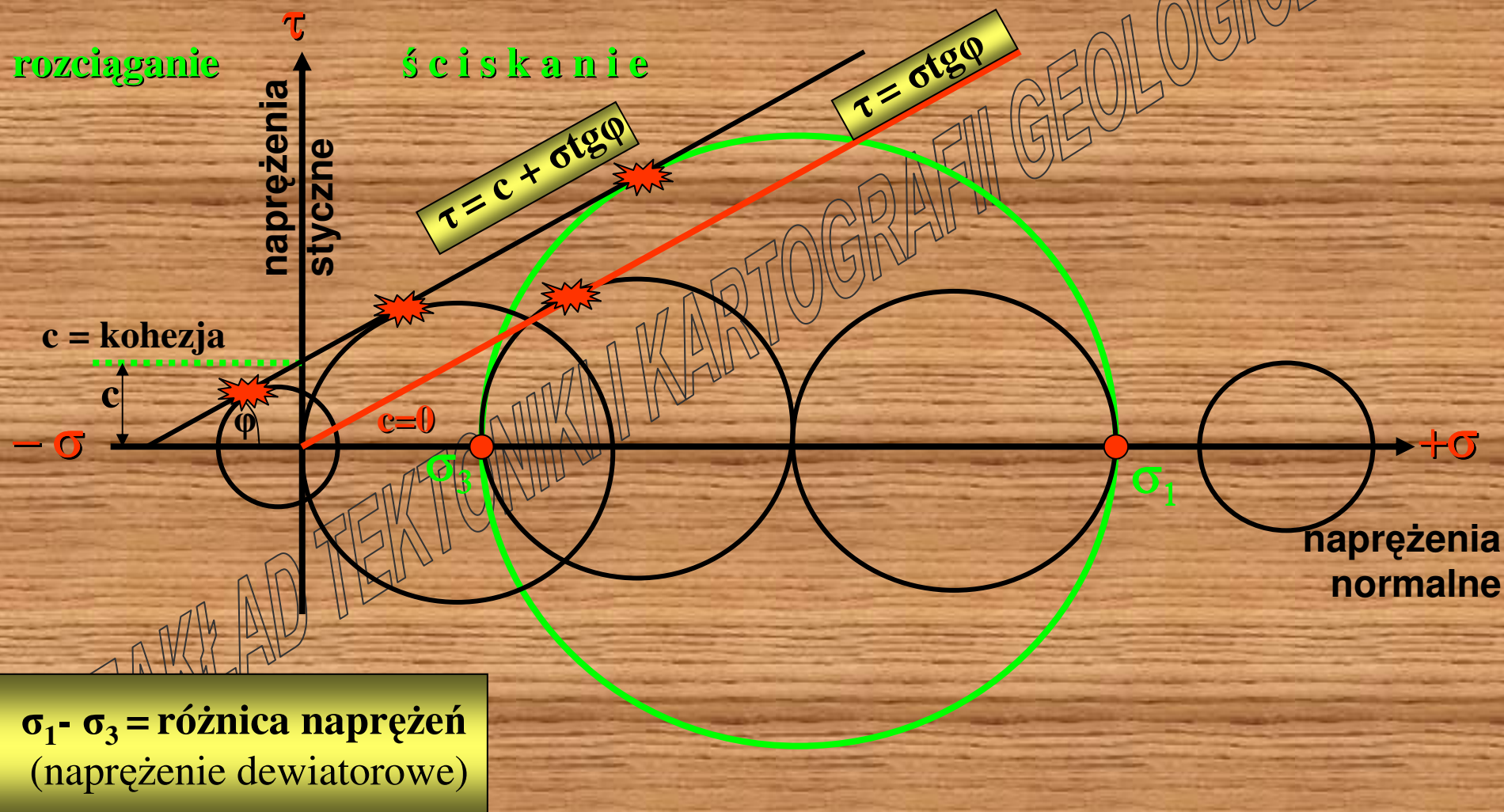
$\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{2} =$ promień koła Mohra

TEORIA ZNISZCZENIA COULOMBA – MOHRA



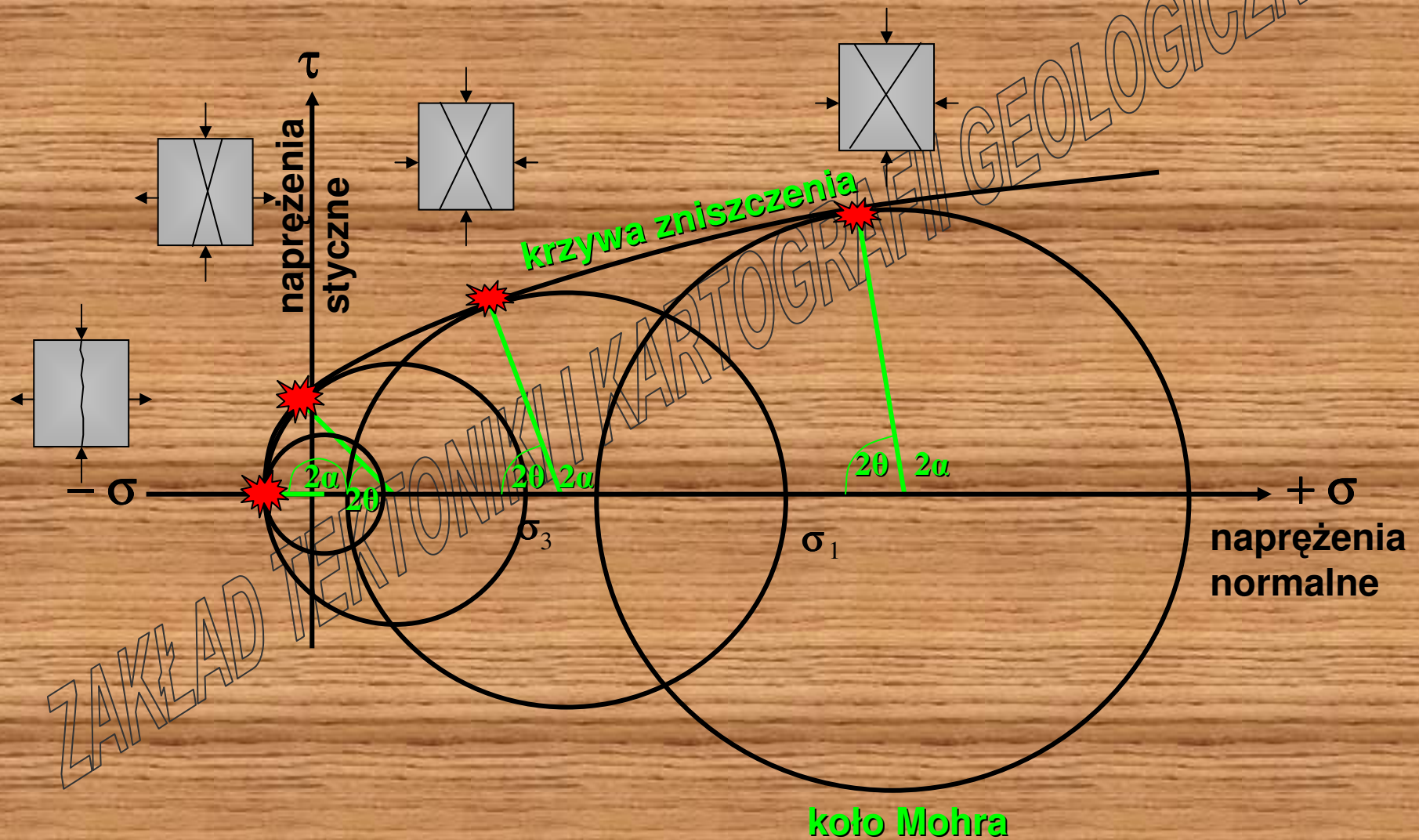


NAPRĘŻENIE A ZNISZCZENIE





OBWIEDNIA MOHRA I KĄTY ZNISZCZENIA



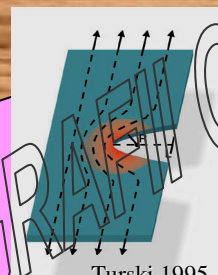
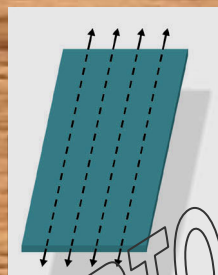
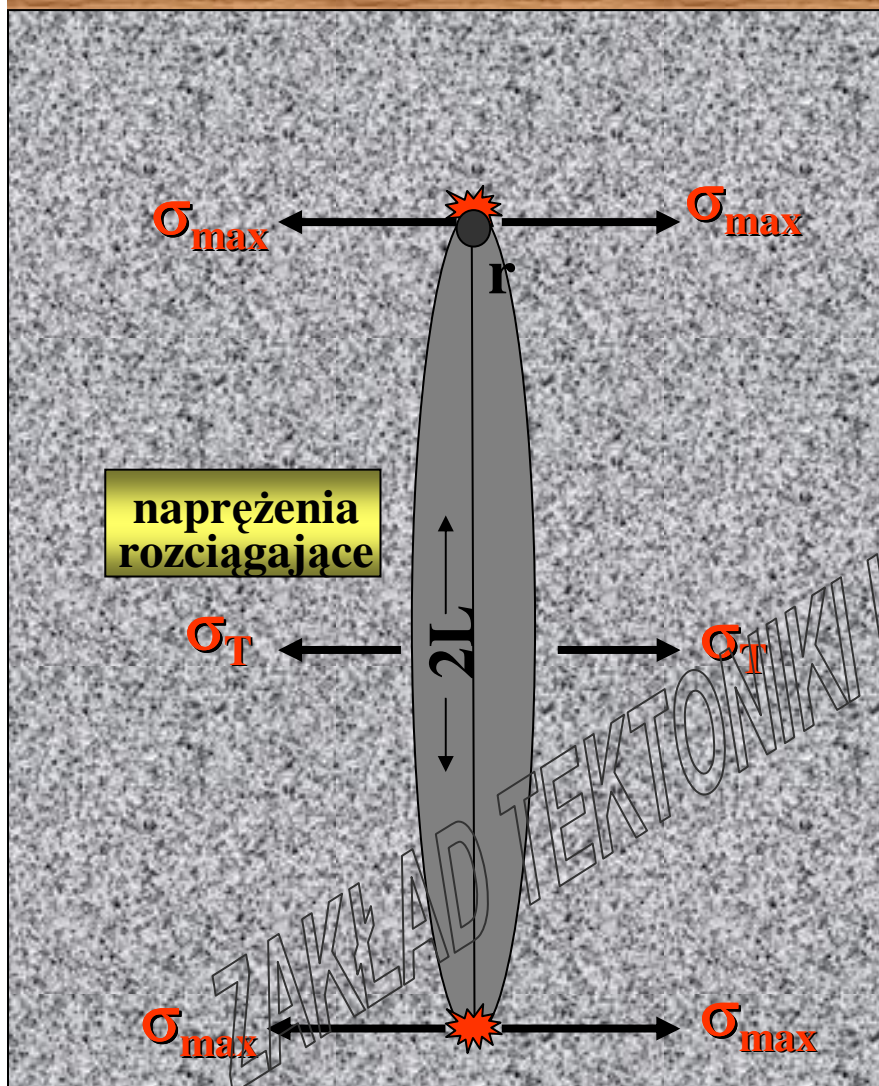


TEORIA ZNISZCZENIA GRIFFITHA

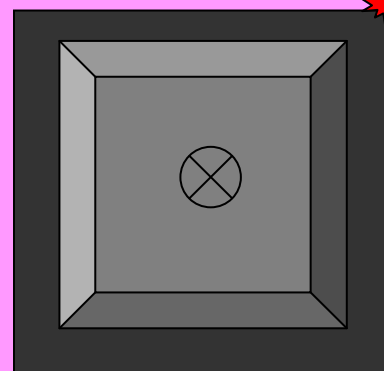
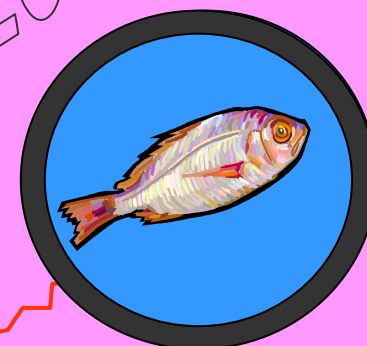
Alan Griffith 1920

$$\sigma_{\max} = 2 \sigma_T \sqrt{\frac{L}{r}}$$

Gdy $r \rightarrow 0$, to $\sigma_{\max} \rightarrow \infty$



Turski 1995



Majestic 1928



WPŁYW WARUNKÓW DEFORMACJI NA PRZEBIEG PROCESU ZNISZCZENIA

- wzrost ciśnienia otaczającego

- zwiększa podatność odkształcenia
- powoduje wzrost wytrzymałości na ściskanie

- wzrost temperatury

- zwiększa możliwy rozmiar odkształcenia
- obniża wytrzymałość skał
- odkształcenie przebiega bez wzmocnienia i ma charakter plastyczny

- obecność płynów porowych

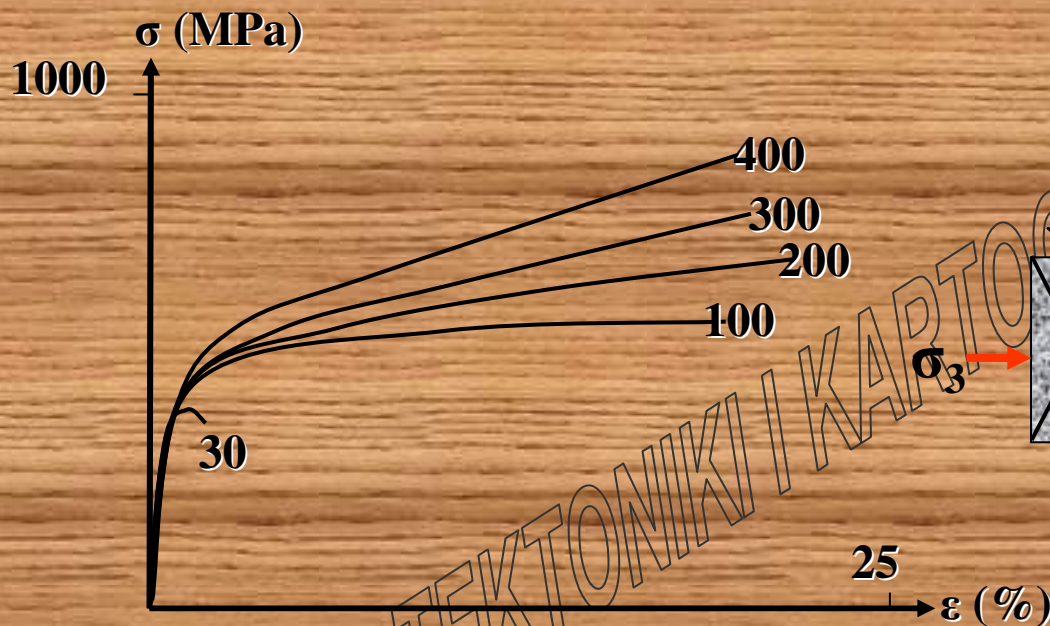
- powoduje spadek naprężeń do wartości efektywnych
- nadaje zniszczeniu bardziej kruchy charakter
- odpowiada za proces rozpuszczania pod ciśnieniem

- upływ czasu

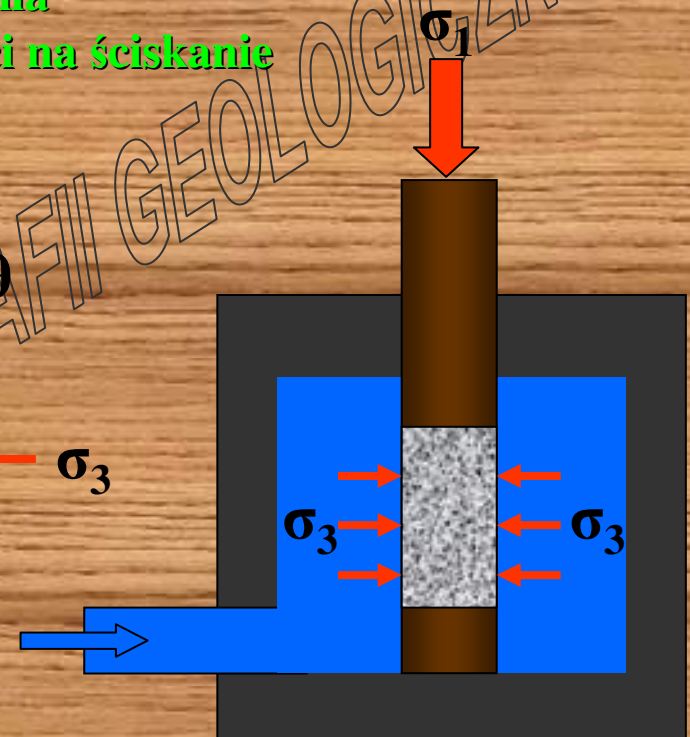


ROLA CIŚNIENIA OTACZAJĄCEGO

- zwiększa podatność odkształcenia
- powoduje wzrost wytrzymałości na ściskanie



Krzywe odkształcenia dla wapienia z Solenhofen
(Paterson 1958)



wapienie z Solenhofen – 4,5 km
marmury z Wombey – 1 km

Skały pod wpływem wzrostu ciśnienia otaczającego nabierają właściwości podatnych, więc na większych głębokościach uskoki nie powstaną!!



ROLA TEMPERATURY



- temperatura obniża lepkość
- zwiększa możliwy rozmiar odkształcenia
- obniża wytrzymałość skał
- odkształcenie przebiega bez wzmocnienia i ma charakter plastyczny

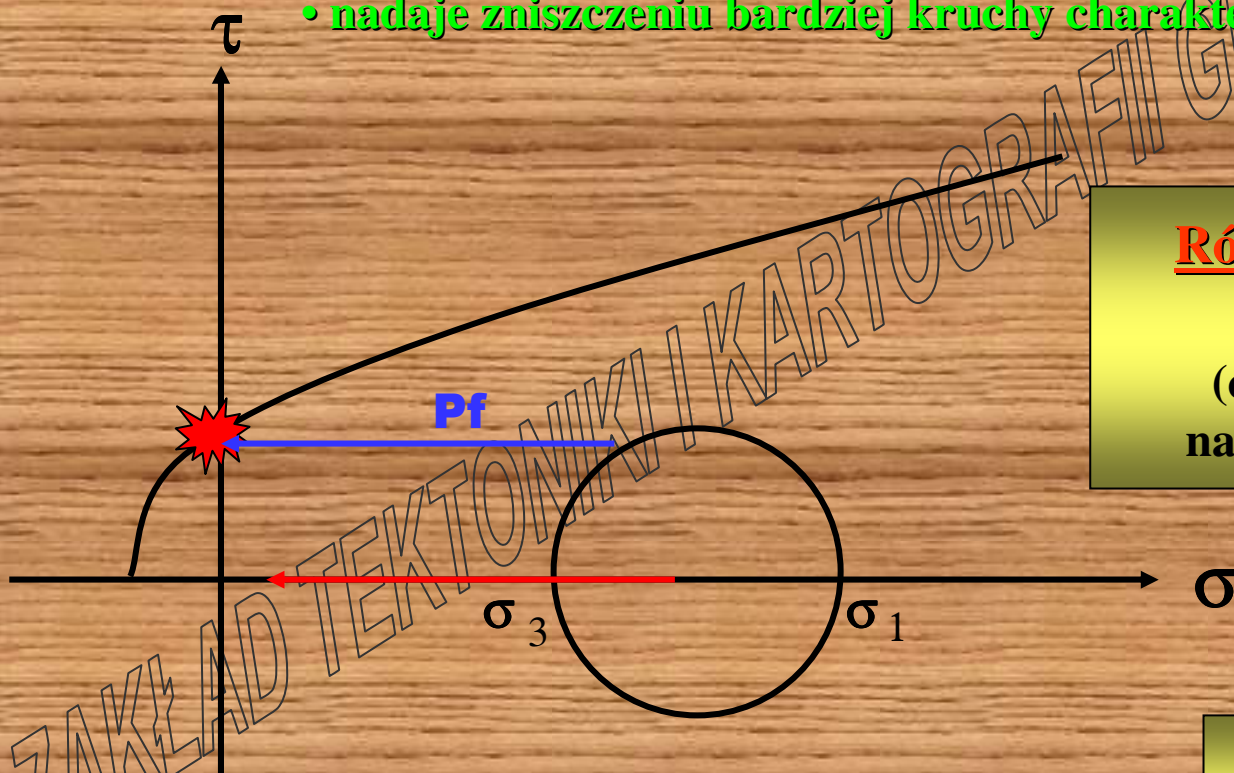
ZAKŁAD TEKTONIKI I KARTOGRAFII GEOLOGICZNEJ



ROLA CIŚNIENIA POROWEGO

(Karl Terzaghi 1923)

- powoduje spadek naprężeń do wartości efektywnych
- nadaje zniszczeniu bardziej kruchy charakter



Równanie Terzaghi'ego:

$$\sigma_e = \sigma - P_f$$

(ciecz przeciwstawia się
naprężeniom normalnym)

$$0 \leq \frac{P}{\sigma_1} \leq 1$$

suche

mokre

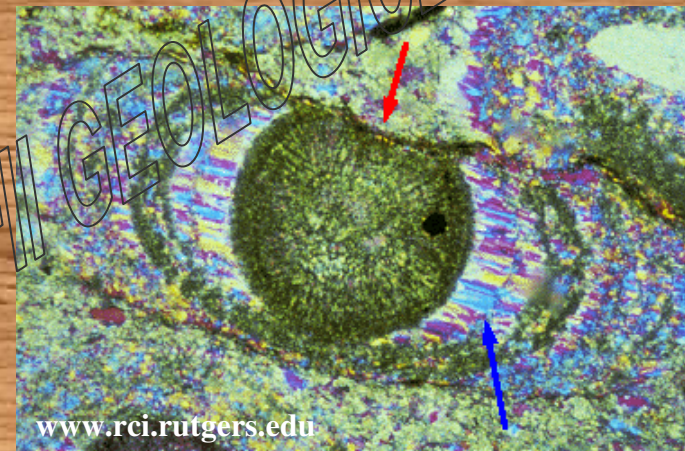


ROLA CIŚNIENIA POROWEGO c.d.

odpowiada za proces rozpuszczania pod ciśnieniem
(stylolity, wciski)

Zasada Rieckiego

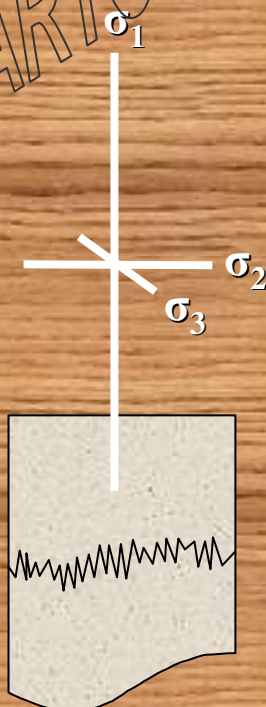
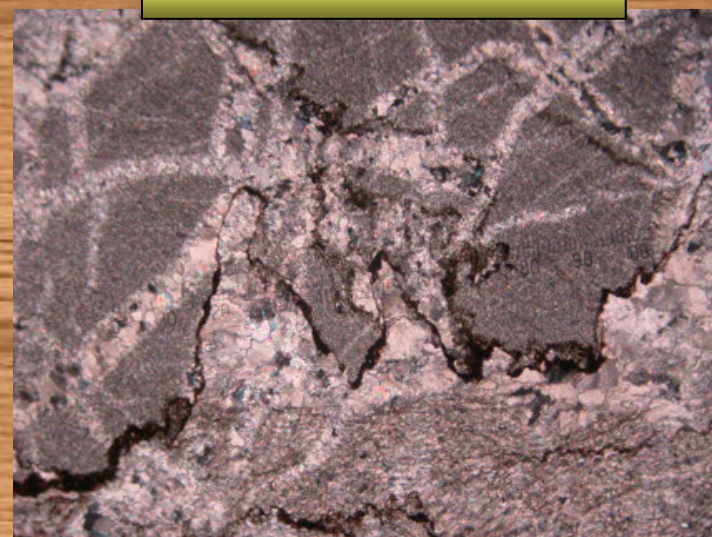
- w warunkach kompresyjnych rozpuszczanie jest najsilniejsze w miejscach, gdzie naprężenia są największe
- produkty rozpuszczania odprowadzane są w kierunku niższych ciśnień



stylolity litostatyczne



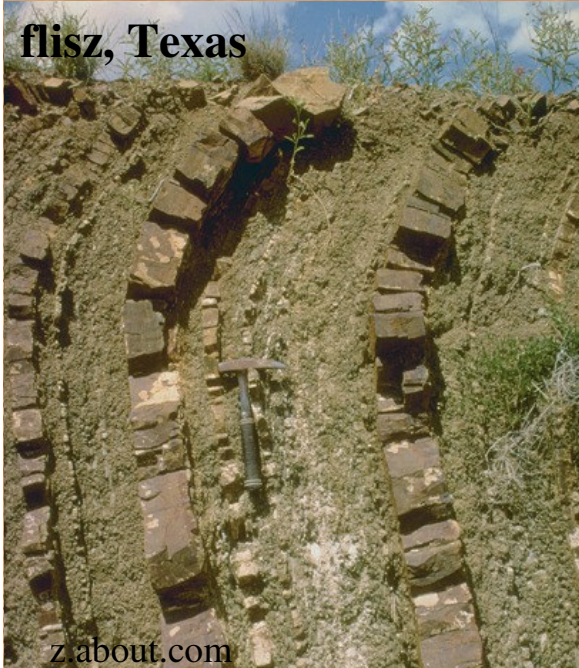
stylolity tektoniczne



ROLA CZASU



flisz, Texas



z.about.com

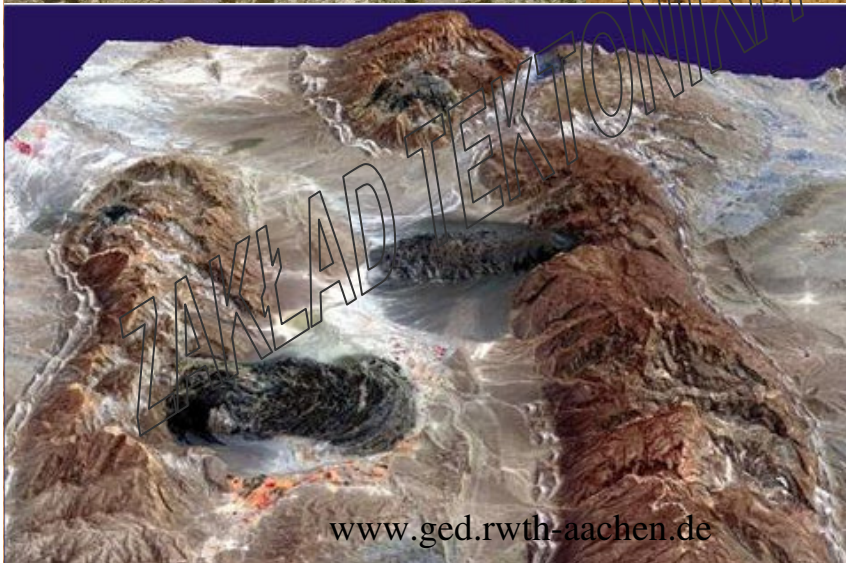
Great Valley Sequence rocks



z.about.com



© Pamela Gore, 2005



www.ged.rwth-aachen.de



www.min-pan.krakow.pl



JAK SPROWOKOWAĆ ZNISZCZENIE?



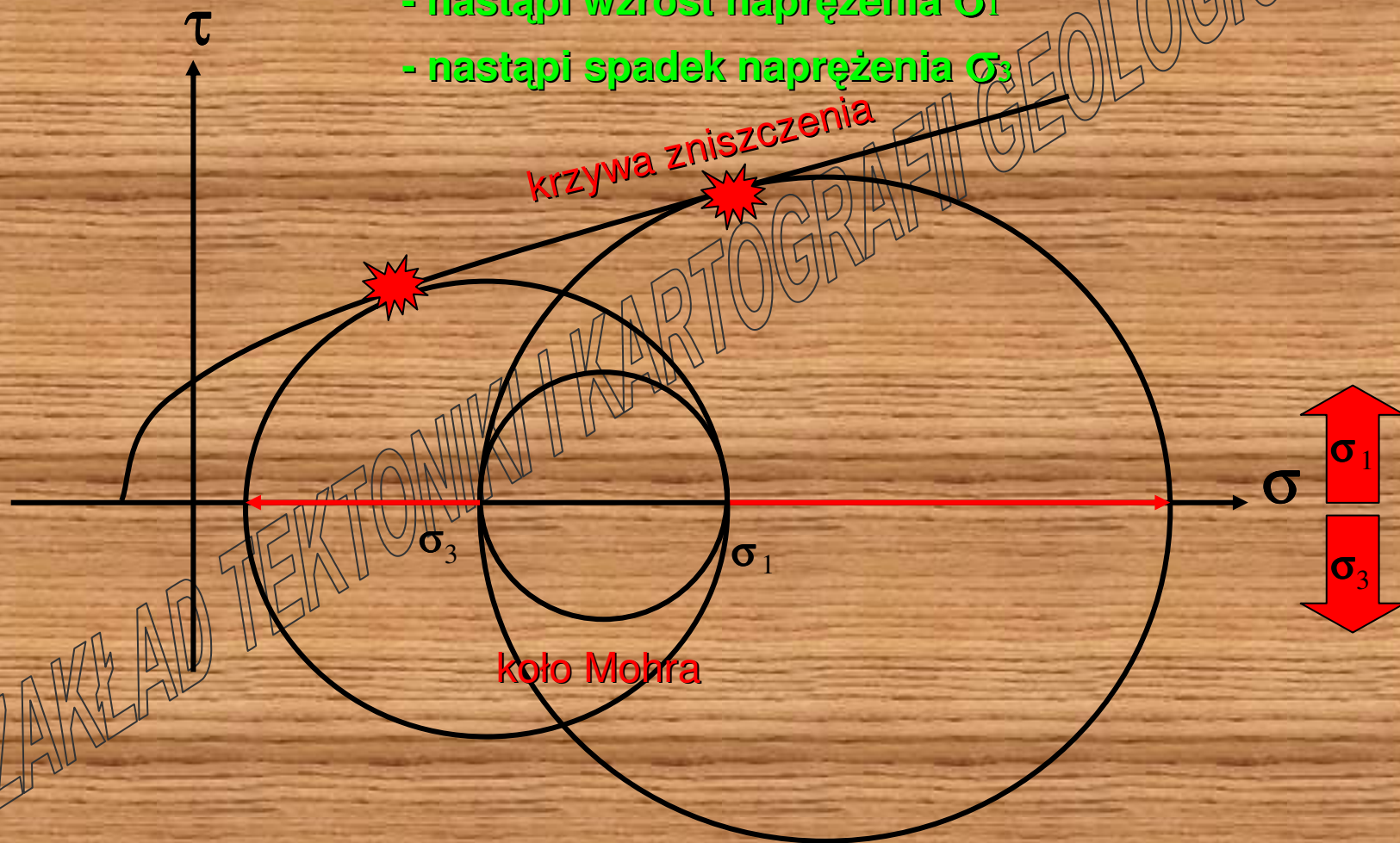
**Koło Mohra osiągnie styczność
z krzywą zniszczenia, gdy:**

- ✗ nastąpi wzrost naprężenia σ_1
- ✗ nastąpi spadek naprężenia σ_3
- ✗ wzrośnie ciśnienie porowe P_f
- ✗ zmniejszy się kąt tarcia

Koło Mohra osiągnie styczność z krzywą zniszczenia, gdy:



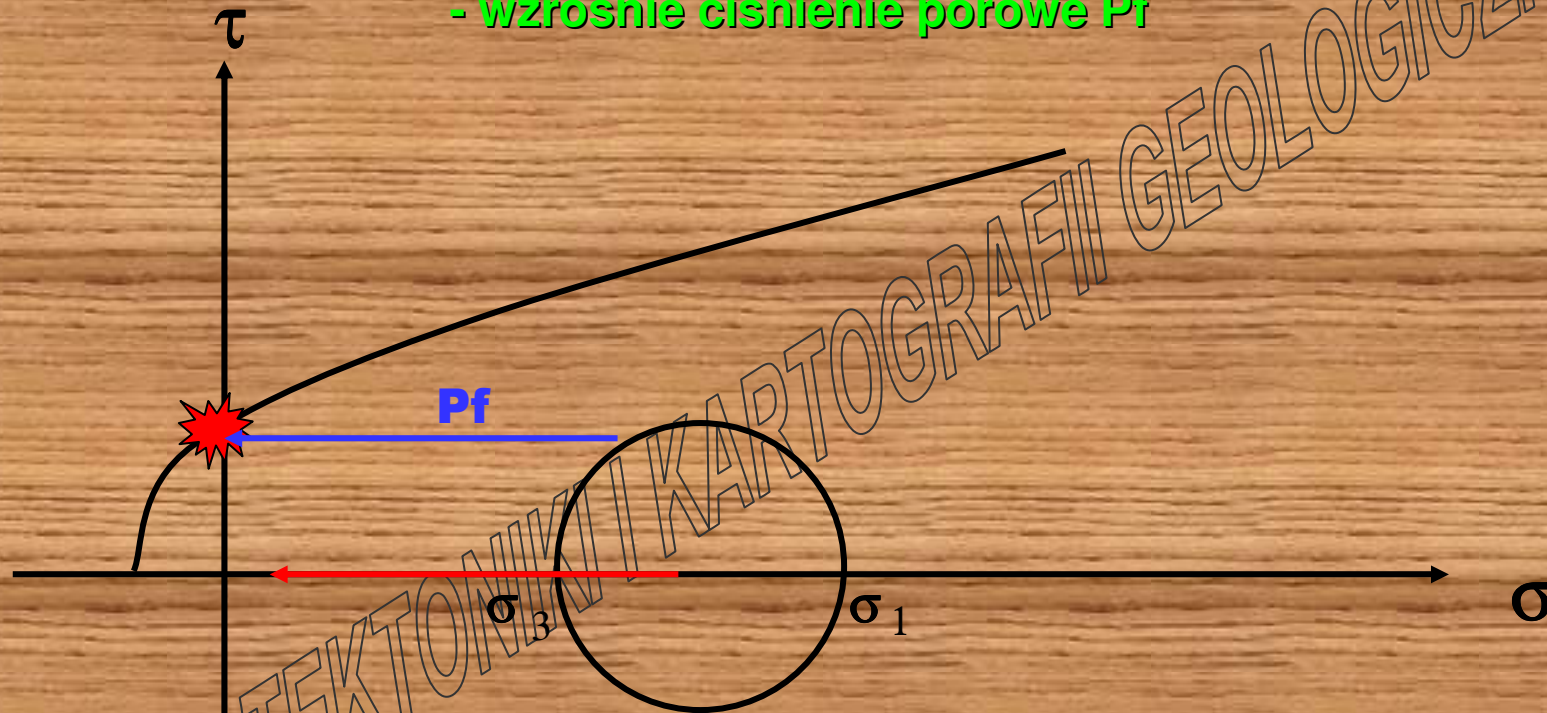
- nastąpi wzrost naprężenia σ_1
- nastąpi spadek naprężenia σ_3



Koło Mohra osiągnie styczność z krzywą zniszczenia, gdy:



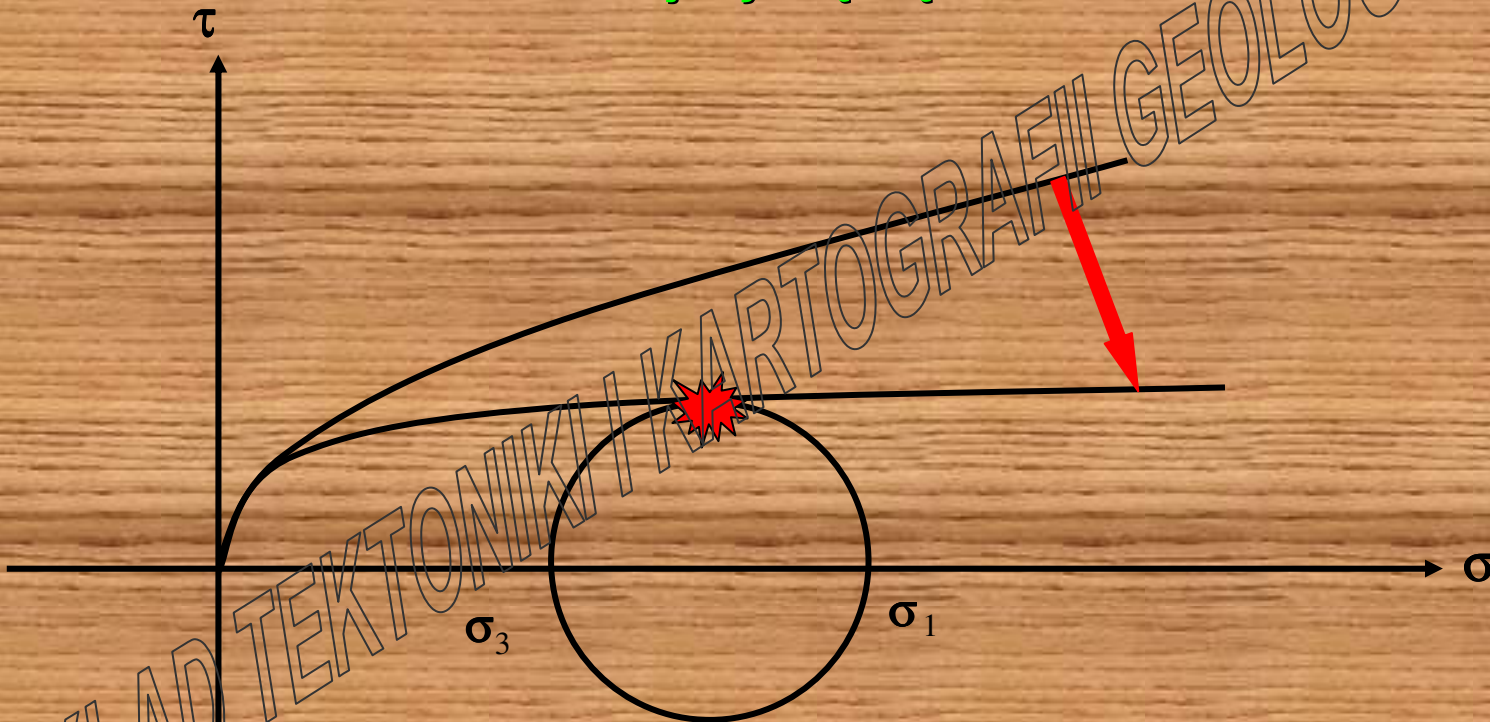
- wzrośnie ciśnienie porowe P_f



Koło Mohra osiągnie styczność z krzywą zniszczenia, gdy:



- zmniejszy się kąt tarcia



Pytania:

- Jak ustawione są pręciki w szwie stylolitowym?
- W jaki sposób wzrost ciśnienia otaczającego wpływa na przebieg zniszczenia?