



TEKTONIKA

Wykład 2

Podstawy teorii zniszczenia

dr hab. Edyta Jurewicz

pok. nr 1055



RODZAJE I STANY NAPRĘŻEŃ

- ◆ stan hydrostatyczny

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

- ◆ jednoosiowe ściskanie = kompresja

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

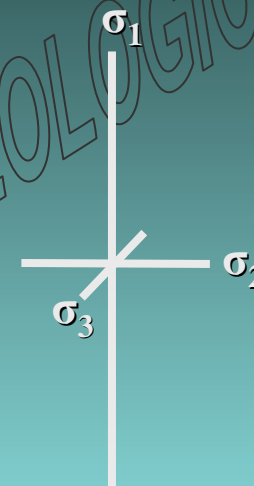
- ◆ jednoosiowe rozciąganie = tensja

$$\sigma_1 = \sigma_2 > (-\sigma_3)$$

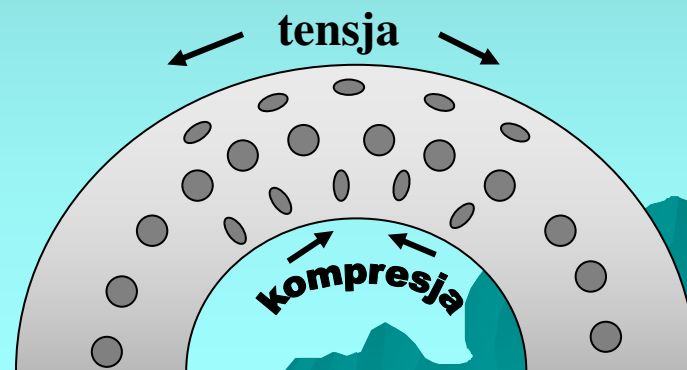
- ◆ przestrzeń 3D = trójosiowe pole naprężeń elipsoida

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

($\sigma_2 =$ naprężenie neutralne)



- ◆ **KOMPRESJA** (ściskanie)
- ◆ **TENSJA** (rozciąganie)
- ◆ **ŚCINANIE** (para sił)
- ◆ **ZGINANIE**
- ◆ **SKRĘCANIE**





ODKSZTAŁCENIE A ZNISZCZENIE

- ◆ **Odkształcenie** (*ang. strain*) – to miara deformacji ciała poddanego działaniu sił zewnętrznych. Końcowym etapem jest zniszczenie.

Odkształcenia ciągłe poprzedzają odkształcenia nieciągłe (zniszczenie)

- ◆ **Zniszczenie** (*ang. failure*) – to proces, a nie jednorazowy akt, poprzedzony odkształceniem. Jego przebieg zależy od własności mechanicznych ciała.

Zależnością odkształcenia od czasu zajmuje się **reologia**.



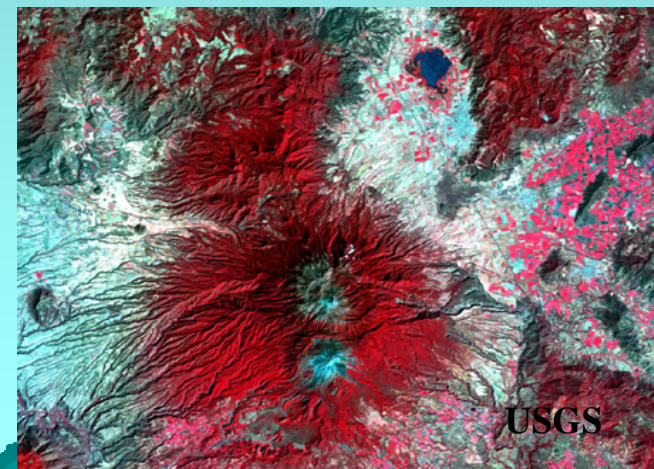
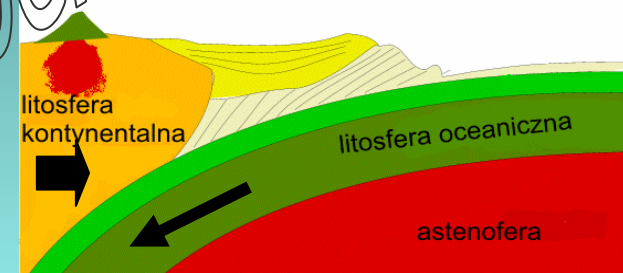
RODZAJE ODKSZTAŁCEŃ

- ◆ **jednorodne/niejednorodne**
 - ciało izotropowe
 - ciało anizotropowe
- ◆ **podatne/niepodatne**
 - ciało podatne
 - ciało niepodatne (kruche)
- ◆ **odwracalne /nieodwracalne**
- ◆ **liniowe/postaciowe/objętościowe**

ŹRÓDŁA NAPRĘŻEŃ



- ◆ obciążenie nadkładem
(ciśnienie litostatyczne)
- ◆ ruch płyt litosferycznych
(procesy geotektoniczne)
- ◆ działalność wulkaniczna
(temperatura)



ŹRÓDŁA NAPRĘŻEŃ

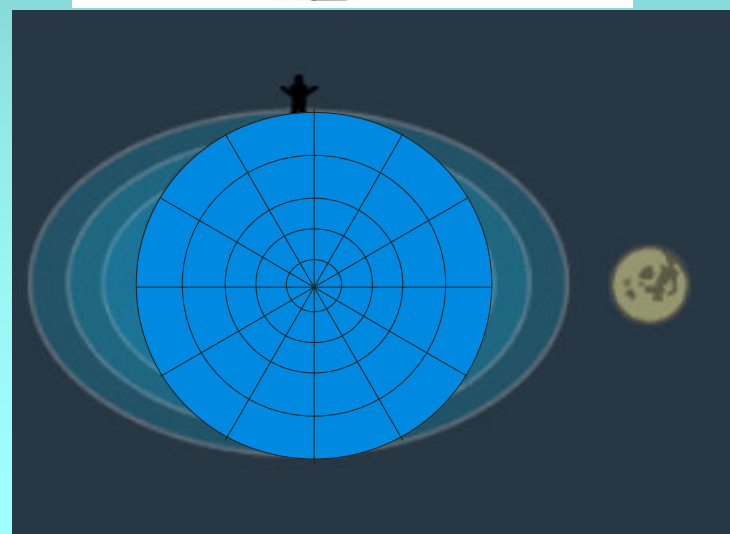
cd



- ◆ procesy diagenetyczne
(przemiany
objętościowe)



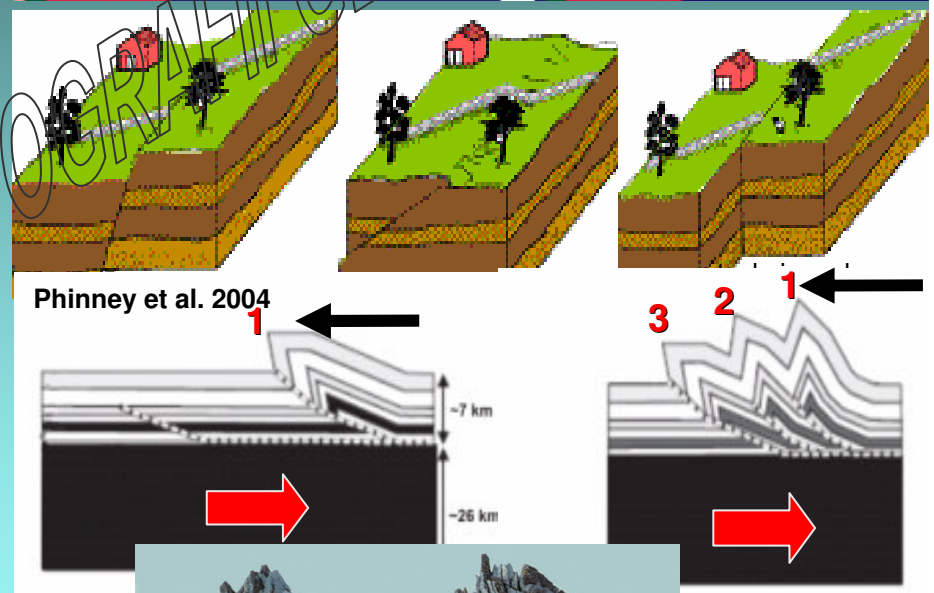
- ◆ pływy
- ◆ ruch wirowy Ziemi



SPOSOBY ROZŁADOWYWANIA NAPRĘŻEŃ



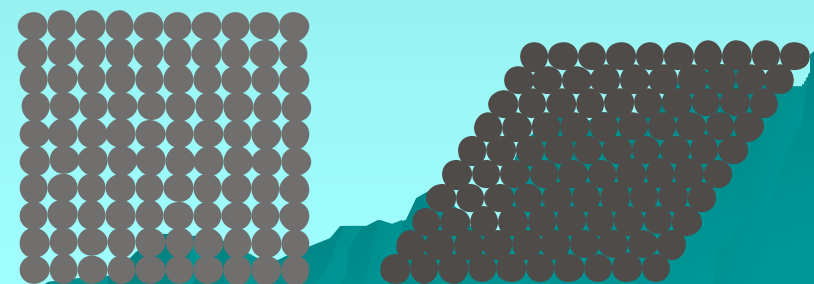
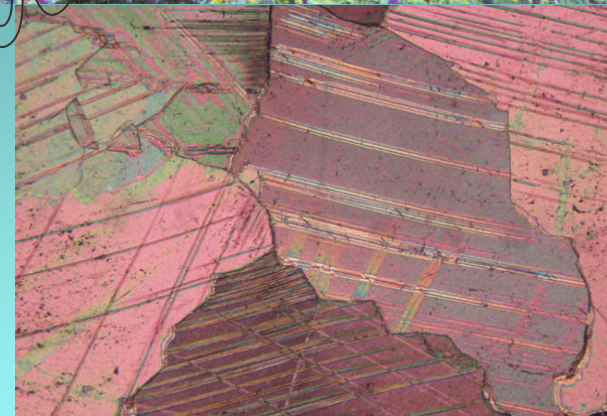
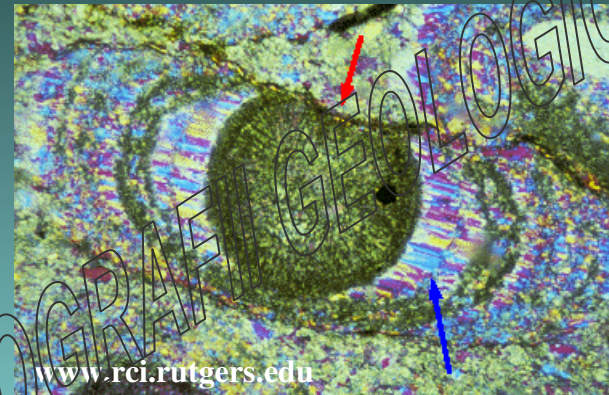
- ◆ subdukcja, kolizja, obdukcja
- ◆ uskoki (normalne, odwrotne, przesuwne)
- ◆ fałdowania, płaszczowiny



SPOSOBY ROZŁADOWYWANIA NAPRĘŻEŃ



- ◆ rozpuszczanie pod ciśnieniem
- ◆ poślizgi sieciowe i zbliżniaczenia
- ◆ zmiana sposobu upakowania ziaren, zmiana porowatości





WŁAŚCIWOŚCI SKAŁ

Spreżystość = elastyczność – zdolność do powracania do pierwotnego kształtu i rozmiaru

Lepkość – właściwość płynów polegająca na powstawaniu w nich naprężeń zależnych od prędkości odkształcenia

Plastyczność – w sensie potocznym: łatwość uzyskiwania odkształceń trwałych

Podatność – wartość możliwych odkształceń ciągłych w materiałach skalnych

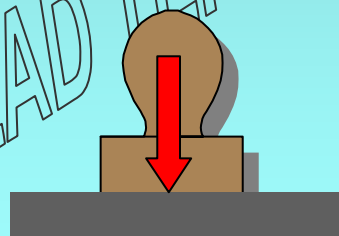
Płynięcie – odkształcenie trwałe nie doprowadzone do zniszczenia

ODKSZTAŁCENIA W CZASIE

REOLOGIA

(Eugine Bingham 1920)

- ◆ **Reologia** (*ang. rheology*) – dział fizyki zajmujący się przebiegiem odkształceń materiałów w czasie
- ◆ **Pełzanie** (*ang. creep*) – powolne płynięcie materiału przy stałej wartości naprężenia
- ◆ **Zmęczenie** – skutek długotrwałego lub wielokrotnie powtarzanego obciążenia
 - zmęczenie statyczne
(*ang. static fatigue*)
 - zmęczenie dynamiczne
(*ang. dynamic fatigue*)



ODKSZTAŁCENIA W CZASIE (zjawisko pełzania)

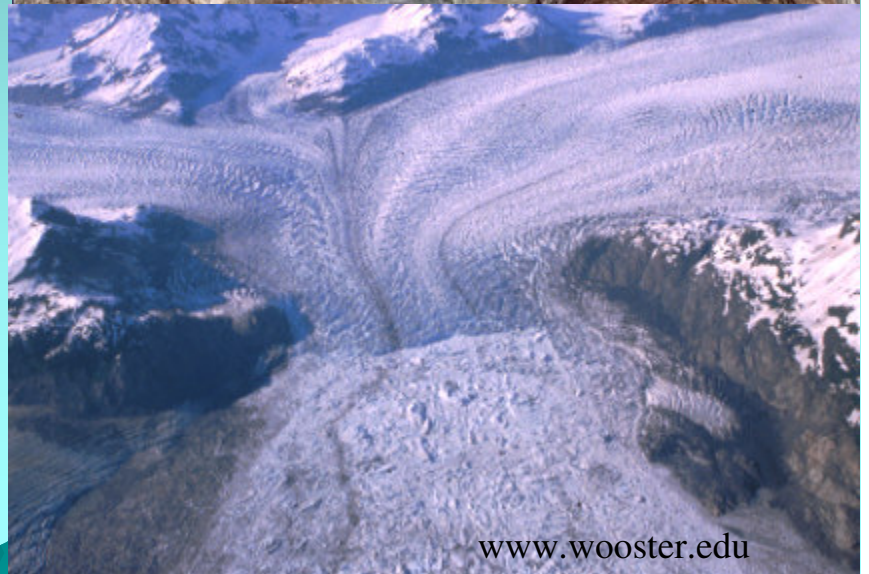


jezory
solne
w Iranie

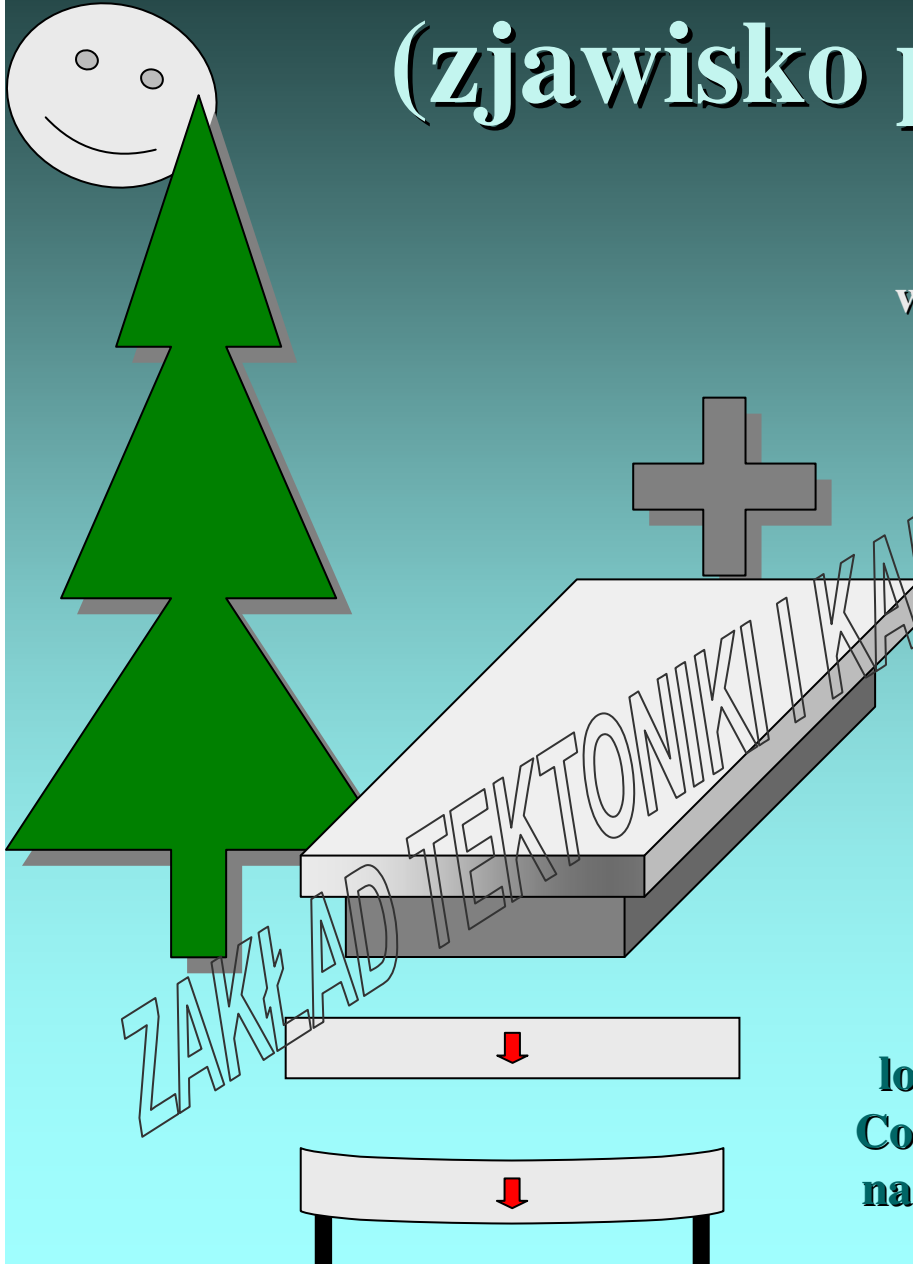


www.ged.rwth-aachen.de

lodowiec
Columbia
na Alasce



www.wooster.edu

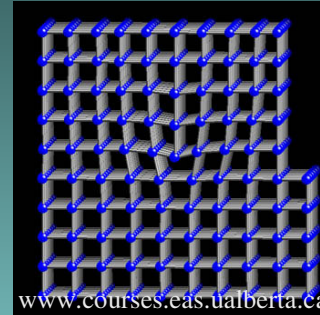
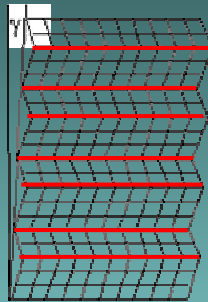


ZJAWISKO PEŁZANIA

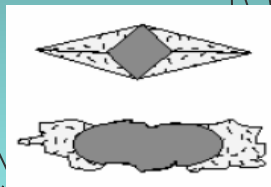


(mechanizmy odkształcenia plastycznego)

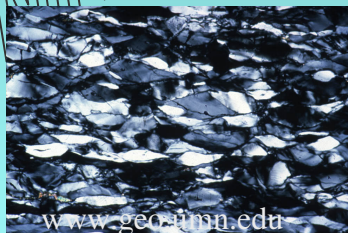
■ intragranularny



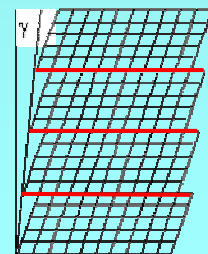
■ fizykochemiczny



■ intergranularny



■ poślizgowy



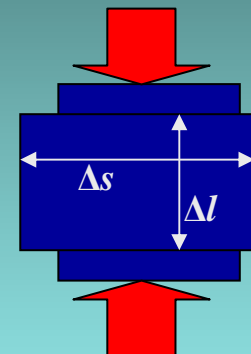
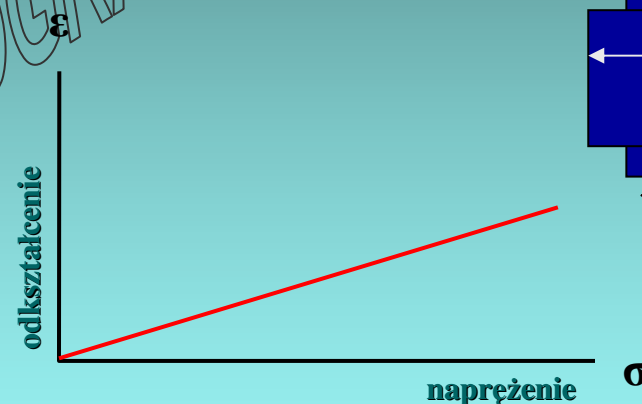
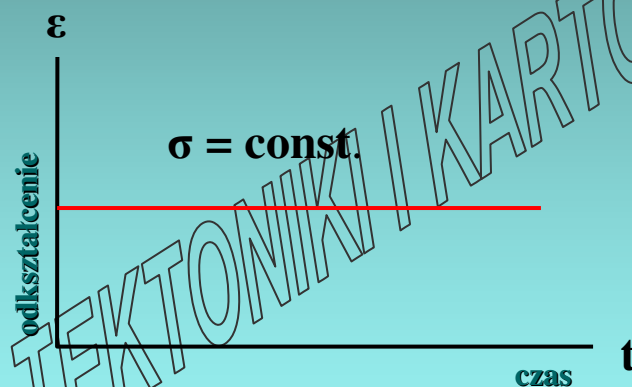
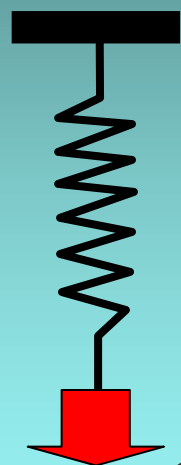
superplastyczność

MODELE REOLOGICZNE



Ciało doskonałe sprężyste (*ang. elastic*) (ciało Hooka)

- ◆ Przyrost odkształcenia jest wprost proporcjonalny do naprężenia.
- ◆ Jest natychmiastowe i odwracalne



Prawo Hooke'a (1676): $\varepsilon = e\sigma$, gdzie e = współczynnik proporcjonalności
ponieważ $e \rightarrow 0$, to:

$E = 1/e$ moduł Younga (moduł sprężystości liniowej)

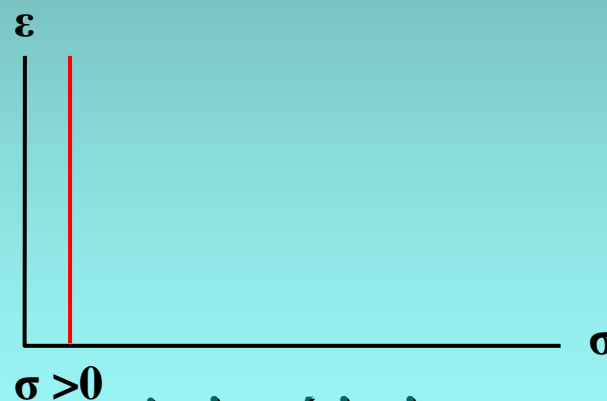
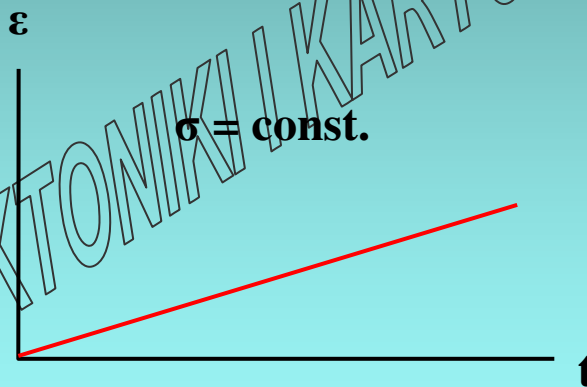
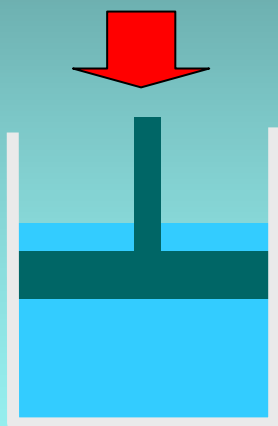
Współczynnik Poissona (odkształcenia względne w dwóch $\perp$ kierunkach): $\nu = \varepsilon_s / \varepsilon_l$



MODELE REOLOGICZNE

Ciało doskonale lepkie (*ang. viscous*) (ciecz Newtona)

- ◆ Odkształcenie przebiega ze stałą prędkością
- ◆ Rozpoczyna się po przyłożeniu jakiegokolwiek obciążenia



lepkość – miara oporu wewnętrznego, jaki stawia płyn naprężeniom ścinającym

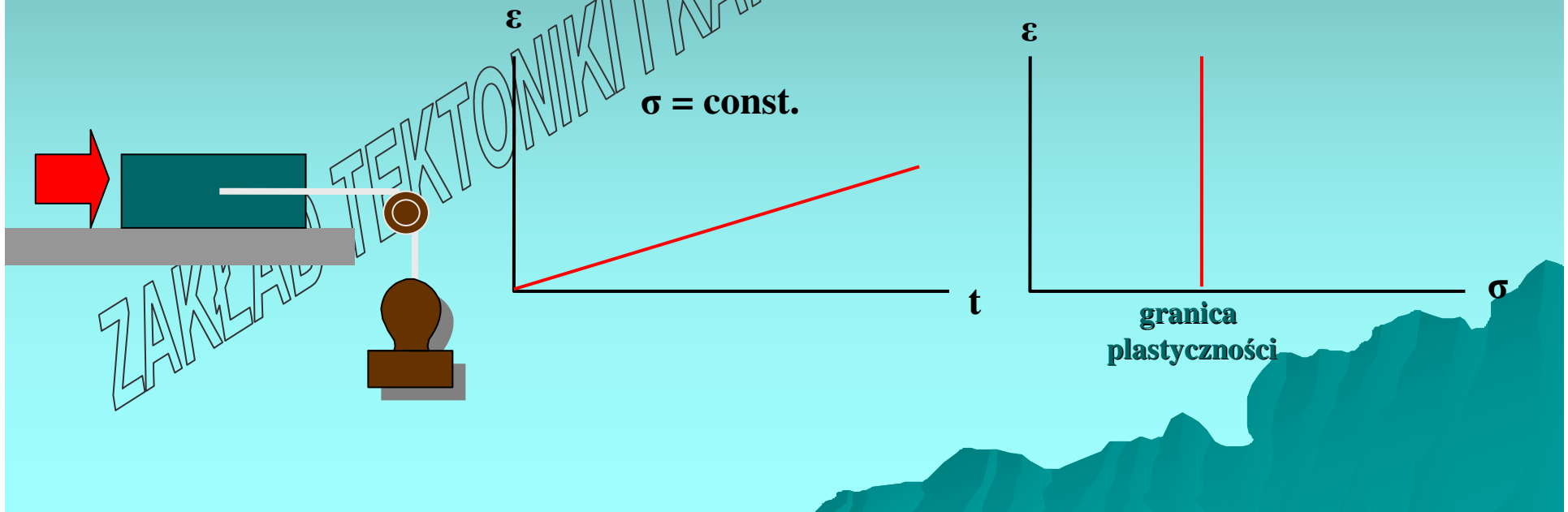
ciecze Newtona – charakteryzuje liniowa zależność między naprężeniem ścinającym a prędkością ścinania
- ich lepkość zależy od pt, a nie od prędkości ścinania

MODELE REOLOGICZNE



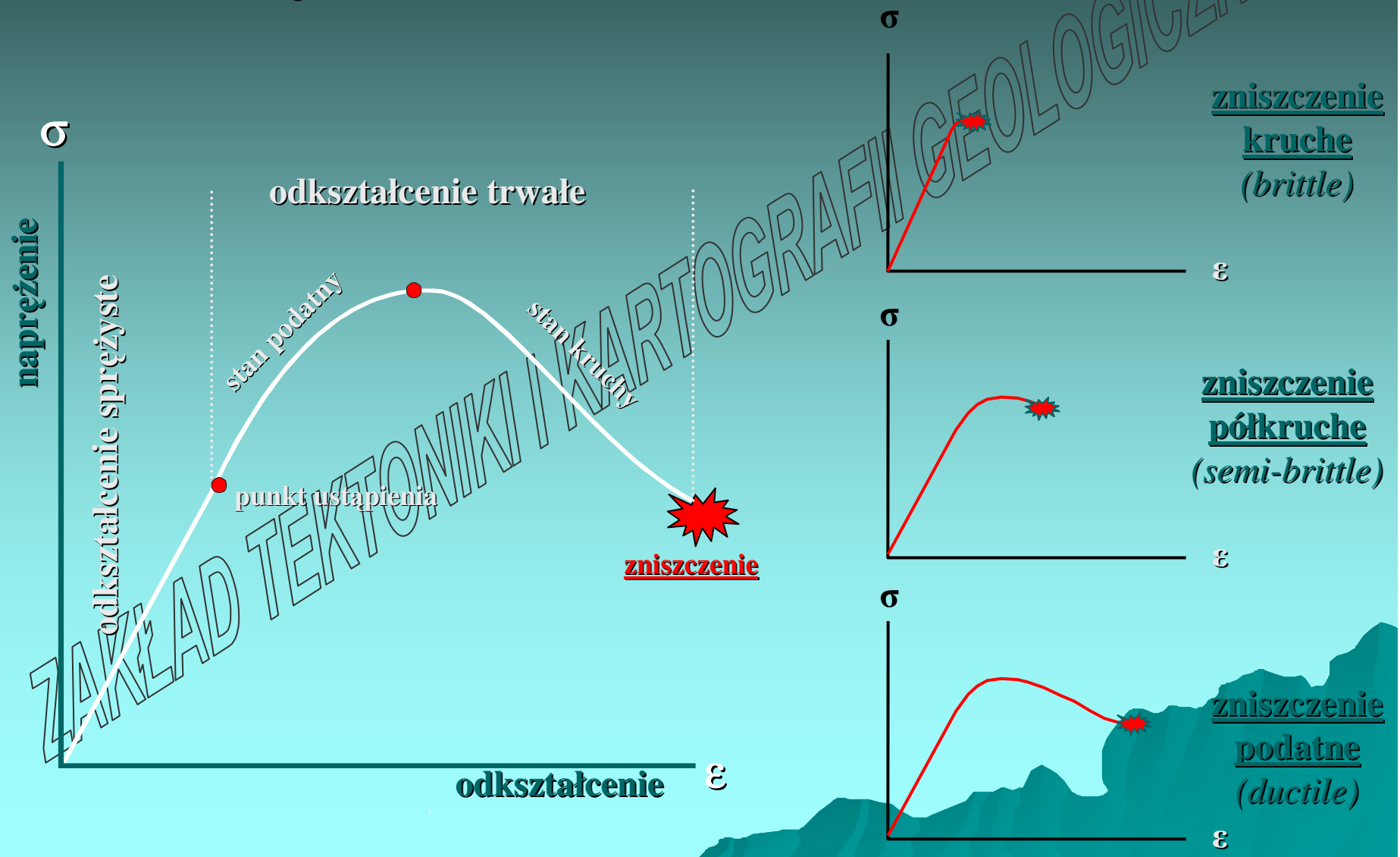
Ciało doskonale plastyczne (*ang. plastic*) (ciało St. Venanta - model tarcia)

- ◆ Odkształcenie przebiega ze stałą prędkością
- ◆ Rozpoczyna się po osiągnięciu granicy plastyczności



ODKSZTAŁCENIE / ZNISZCZENIE

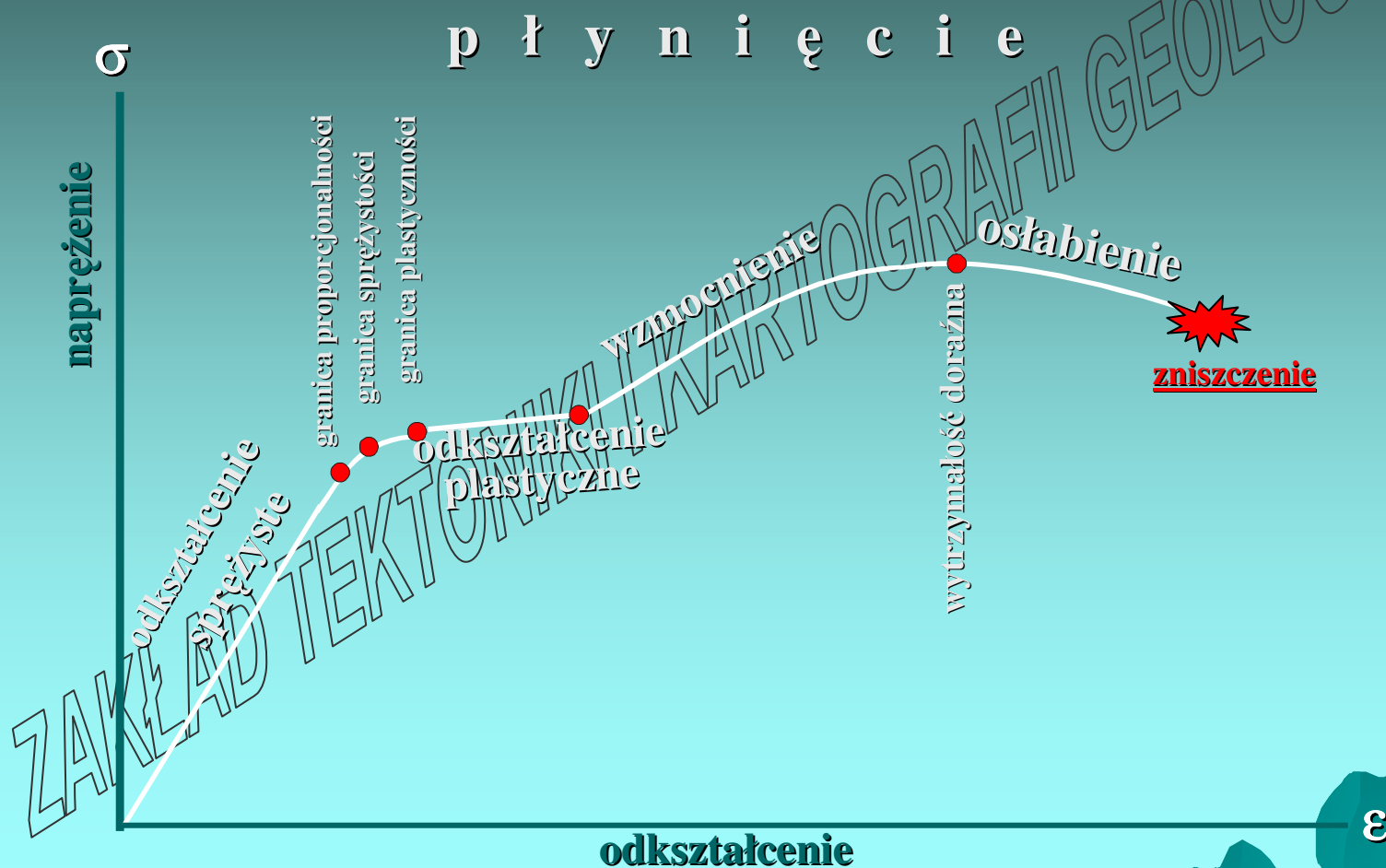
krzywa zniszczenia dla skał





ODKSZTAŁCENIE / ZNISZCZENIE

krzywa odkształcenia stali





Granica proporcjonalności – punkt, do którego przyrosty odkształcenia są proporcjonalne do przyrostów naprężenia

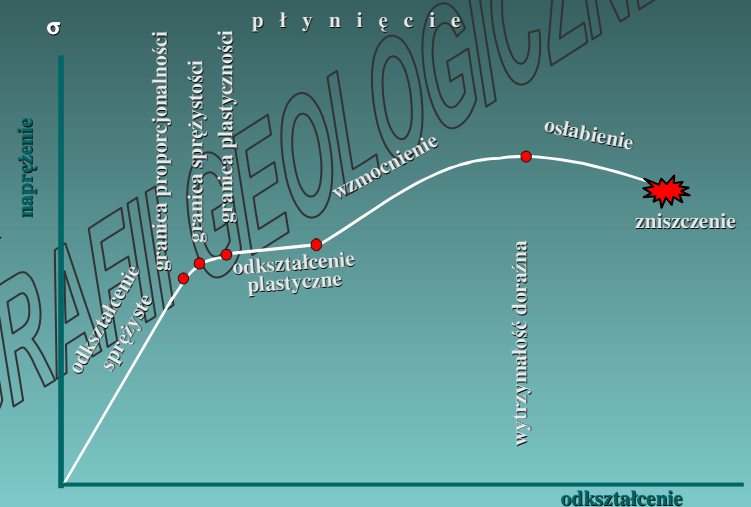
Granica sprężystości – poza granicą proporcjonalności może występować niewielki odcinek w przybliżeniu jeszcze prostoliniowy

Granica plastyczności (granica płynięcia) – dalszy przyrost odkształcenia odbywa się bez przyrostu naprężenia. Odkształcenie plastyczne jest nieodwracalne (trwałe)

Płynięcie – całość odkształcenia trwałego (nieodwracalnego)

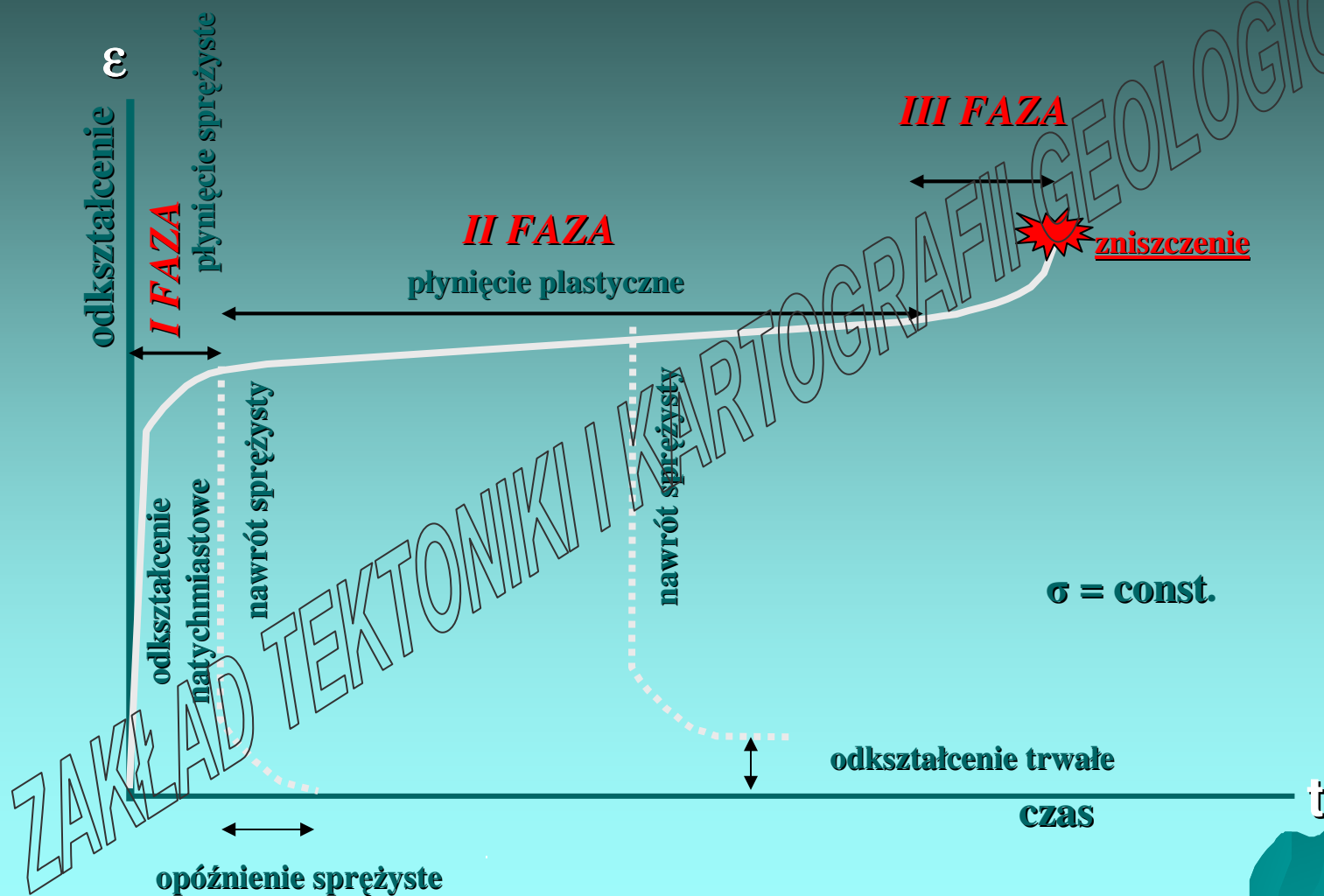
Wzmocnienie – w wyniku plastycznego płynięcia materiał ulega wzmocnieniu, krzywa odkształcenia wznosi się

Oslabienie – następuje spadek krzywej poprzedzający zniszczenie





PEŁZANIE





WYTRZYMAŁOŚĆ

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

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

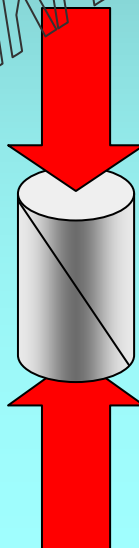
Wytrzymałość na ściskanie » wytrzymałość na rozciąganie!!!

$R_c \gg R_r$

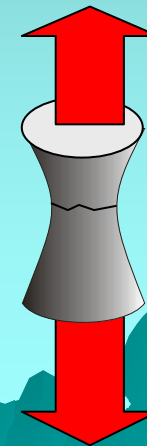
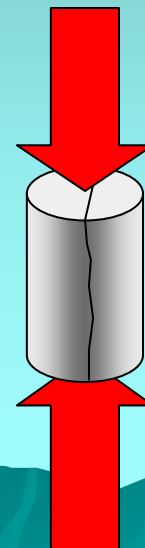
złom kruchy



złom poślizgowy



złom rozdzielczy



ściskanie
lub
rozciąganie

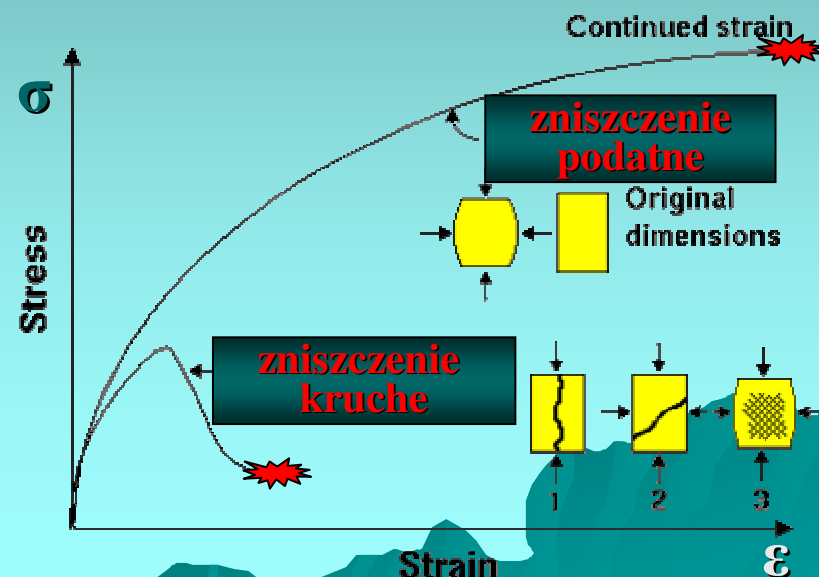
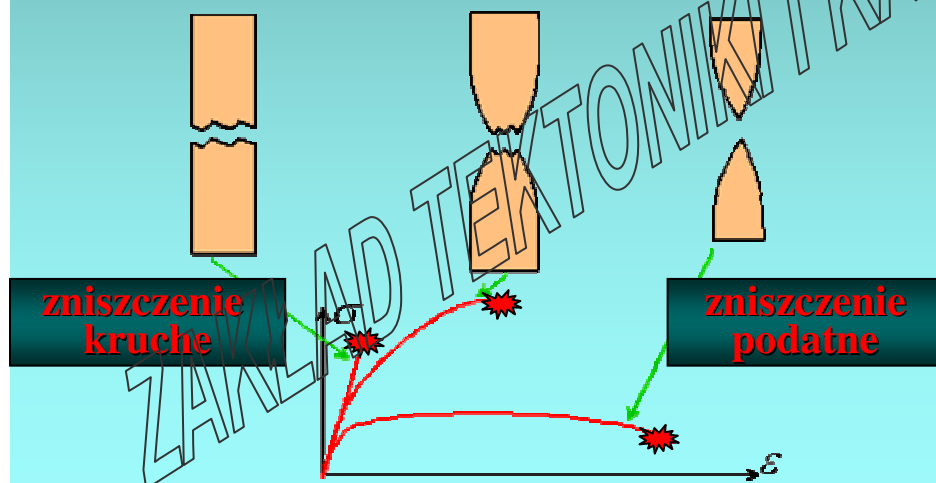
KRZYWE ZNISZCZENIA DLA CIAŁ KRUCHYCH I PODATNYCH



TENSJA



KOMPRESJA





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!!!





PYTANIA:

- Na czym polega zjawisko pełzania?
- Jak brzmi prawo Hooke'a?