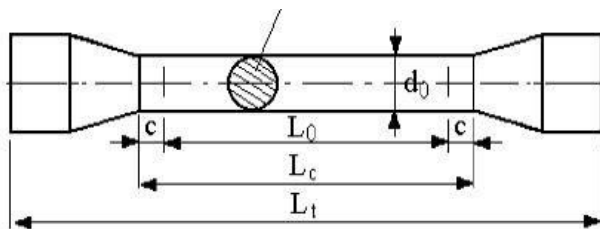


## Prova di trazione e determinazione della tensione ammissibile

La prova di trazione di un materiale si attua per conoscere determinate caratteristiche di resistenza e di deformazione del materiale in esame utilizzabili nei calcoli strutturali su componenti meccanici realizzati con quel materiale.

La prova si esegue sottoponendo a trazione un provino del materiale da studiare. Il provino deve avere opportune forma e dimensioni standardizzate, unificate, secondo le normative.

esempi di provino metallico per prova di trazione:

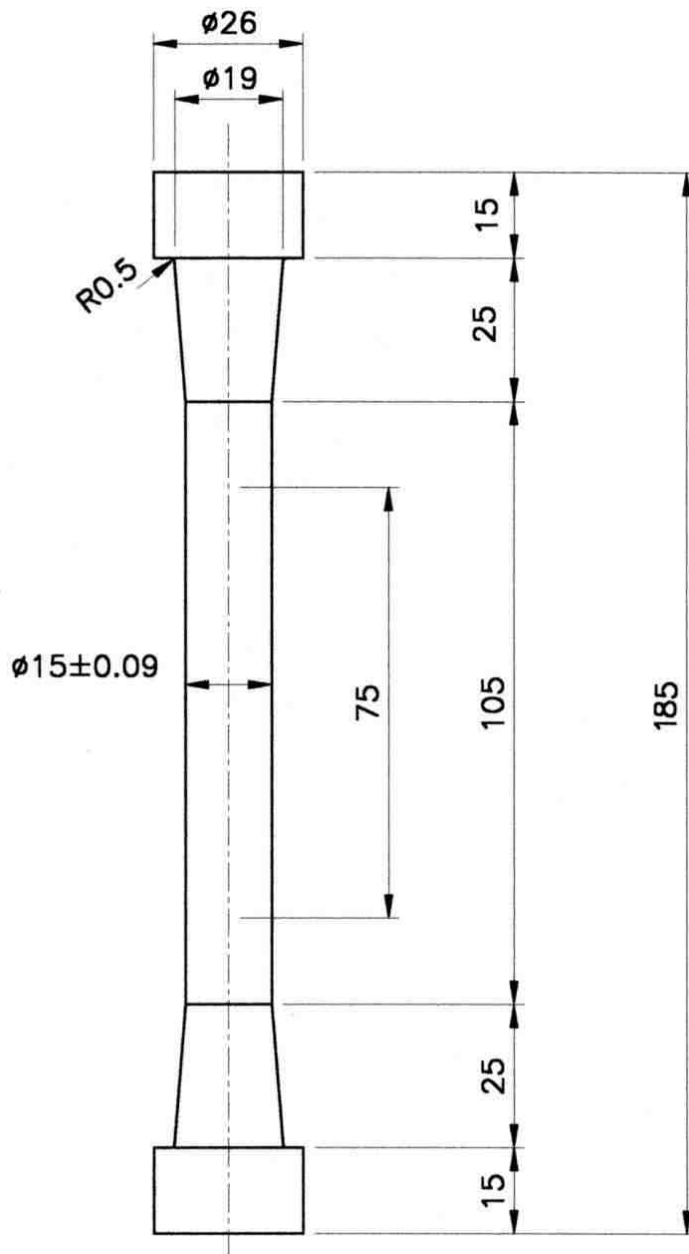


$$L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$$

per provette piatte  $L_0 = 5 d$

Diametro della sezione calibrata del provino a sezione circolare	d
Spessore della provetta piatta	a
Larghezza della provetta piatta	b
Lunghezza iniziale fra i riferimenti	$L_0$
Lunghezza parte calibrata	$L_c$
Lunghezza totale	$L_t$
Lunghezza ultima fra i riferimenti	$L_u$
Allungamento percentuale dopo rottura	$100 \frac{L_u - L_0}{L_0}$
Sezione iniziale parte calibrata	$S_0$
Sezione minima dopo rottura	$S_u$
Coefficiente percentuale di strizione	$100 \frac{S_0 - S_u}{S_0}$
	Z

Il provino deve avere forma e dimensioni standardizzate poiché esse hanno una certa influenza sui valori di resistenza e deformazione misurati. Uniformando, cioè standardizzando forma e dimensioni, i valori di resistenza e deformazione misurati dipenderanno solo dal materiale e per materiali diversi saranno confrontabili fra loro.



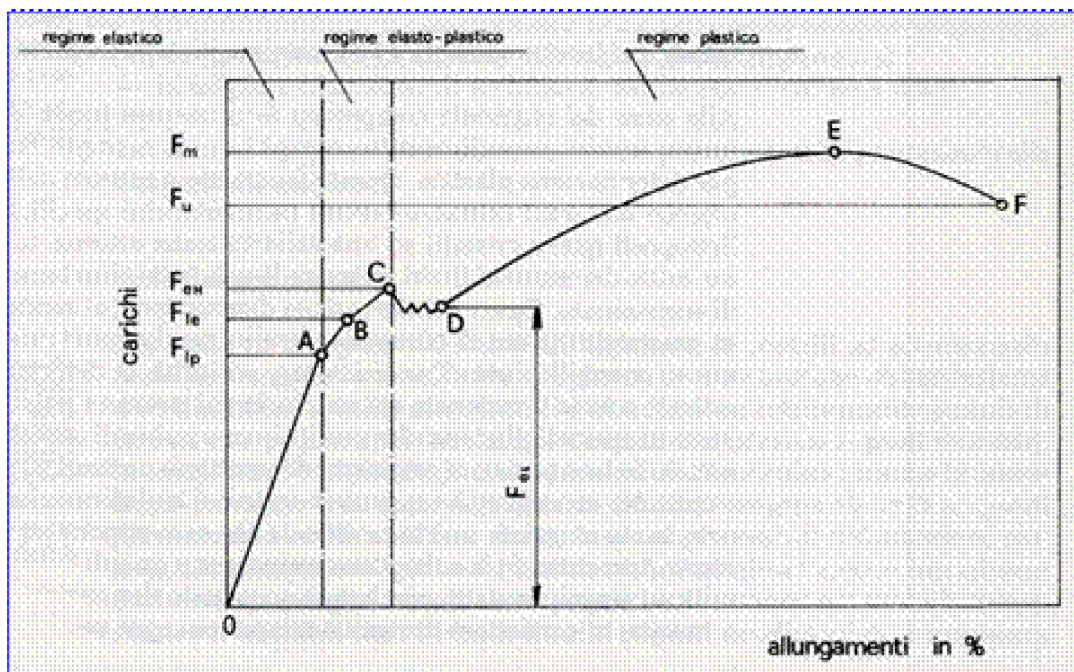
In una apposita macchina, le estremità del provino vengono bloccate in due morse la cui distanza può essere fatta variare a comando, determinando un allungamento del provino stesso. Ad ogni valore dell'allungamento corrisponderà una determinata forza di trazione del provino secondo la legge di Hooke  $\sigma = E \cdot \varepsilon$ . Allungamento e corrispondente forza di trazione al provino vengono misurati e registrati. La registrazione era a mano nei tempi passati, modernamente avviene per via informatica.

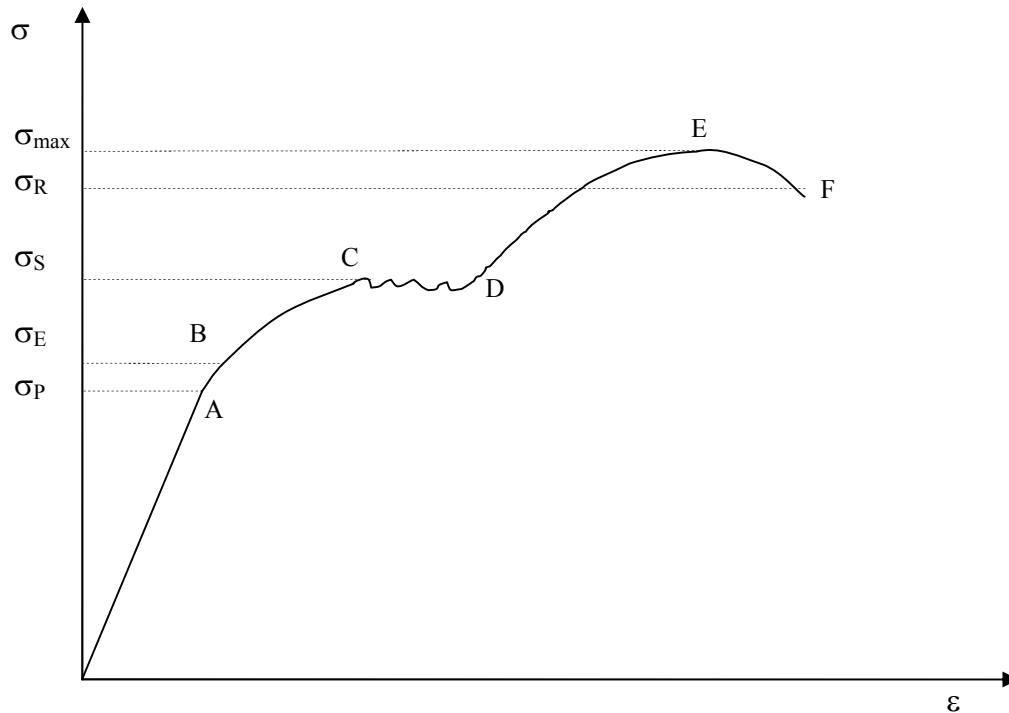
La forza diviso, area della sezione trasversale del provino rappresenta la tensione sigma  $\sigma$ , l'allungamento del provino diviso la sua lunghezza iniziale rappresenta la deformazione epsilon  $\varepsilon$ . Questi due valori, vengono riportati su tabella numerica o su un grafico per il calcolo degli opportuni parametri di resistenza e deformazione, come vedremo successivamente.

Esempio di macchina per prova di trazione



Facciamo delle considerazioni su grafici di esempio per alcune tipologie di materiale.  
Consideriamo il grafico  $\sigma$ - $\epsilon$  di un acciaio a basso tenore di carbonio, quindi un acciaio non molto resistente:





Da zero al punto A, il diagramma è rettilineo, questo vuol dire che il legame fra tensione e deformazione è lineare proporzionale e si esprime con la relazione  $\sigma = E \cdot \epsilon$  che prende anche il nome di legge di Hooke. Il parametro E matematicamente rappresenta il coefficiente di angolare del tratto rettilineo, si chiama modulo di Young o modulo di elasticità longitudinale, la sua dimensione è forza/superficie. Se si eliminasse la forza di trazione, il provino ritornerebbe alla lunghezza iniziale.

Questo comportamento del materiale si chiama "comportamento elastico". In definitiva, da zero al punto A, il materiale ha un comportamento elastico lineare. La tensione  $\sigma_P$ , al di sopra della quale il comportamento non è più proporzionale si chiama "limite di proporzionalità".

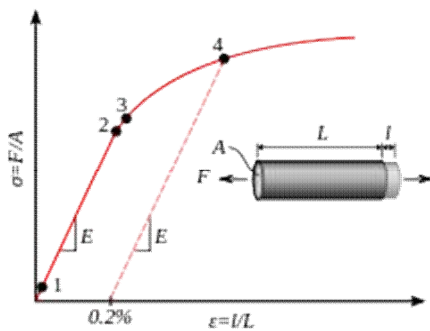
Dal punto A al punto B, il grafico non è più rettilineo, il comportamento non è lineare ma è ancora elastico. La tensione  $\sigma_E$  al di sopra della quale il comportamento del materiale non è più elastico si chiama limite "elastico del materiale".

Dal punto B al punto C, il comportamento del materiale non è nemmeno più elastico, si dice che è plastico, cioè annullando la forza di trazione, il provino rimane allungato di una certa quantità. Resta deformato in maniera permanente o irreversibile.

Tra i punti C ed D, si osserva una tensione quasi costante al variare della deformazione. Da un altro punto di vista si può dire che il materiale si deforma a forza costante. Questo comportamento si chiama "**snervamento**" e la tensione alla quale comincia questo comportamento si chiama tensione di snervamento  $\sigma_S$ . Aumentando ulteriormente l'allungamento la tensione sale fino alla rottura del provino. A deformazioni poco antecedenti la rottura, la sezione del provino si riduce di diametro, si dice che subisce una "**strizione**". Dal punto E al punto F la tensione diminuisce al crescere della deformazione, questo farebbe pensare che la resistenza del materiale diminuisce, in realtà diminuisce la sezione resistente in seguito alla strizione e quindi diminuisce la forza di resistenza mentre nel calcolo della sigma si divide sempre per l'area geometrica indeformata.

Per i materiali che presentano il fenomeno dello snervamento, il valore della tensione massima sopportabile dal materiale ed impiegato nei calcoli a robustezza è proprio la tensione di snervamento.

L'acciaio a media o alta resistenza e le leghe leggere ad alta resistenza non presentano una fase di snervamento più o meno evidente:



Per i materiali che non presentano il fenomeno dello snervamento, il valore della tensione massima sopportabile dal materiale ed impiegato nei calcoli a robustezza è la tensione che produce una deformazione plastica residua del 0,2% della lunghezza iniziale, si indica con  $\sigma_{0,2}$  oppure  $R_{0,2}$ . Per capire meglio, in corrispondenza della  $R_{0,2}$  il materiale rimane allungato dello 0,2% rispetto alla lunghezza iniziale, tale valore della tensione viene assunto come limite massimo di resistenza per i materiali che non snervano. Spesso, la  $R_{0,2}$  viene chiamata tensione di snervamento anche se il materiale in realtà non snerva.

I materiali compositi più comuni, laminati di fibra di vetro, carbonio e kevlar, presentano un comportamento elastico lineare quasi fino alla rottura.

I dati tensione-deformazione ricavati dalla prova di trazione si utilizzano per determinare altri parametri impiegati nelle relazioni di calcolo strutturale, essi sono:

Modulo di elasticità longitudinale o modulo di Young  $E$

Modulo di Poisson  $\nu$

Modulo di elasticità tangenziale  $G$

Allungamento a rottura  $A$

per poterli determinare, si ricorre alle relazioni tensione deformazione già viste:

$$\sigma_{zz} = E \cdot \varepsilon_{zz} \qquad \sigma_{zz} = -\frac{E}{\nu} \cdot \varepsilon_{xx} \qquad G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

Invertendo si ha:

$$E = \frac{\sigma_{zz}}{\varepsilon_{zz}} \qquad \nu = -\frac{E}{\sigma_{zz}} \cdot \varepsilon_{xx} \qquad G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}$$

Indicati con:

$L_R$ : lunghezza del provino a rottura

$L_0$ : lunghezza del provino non caricato

L'allungamento percentuale a rottura del materiale è:

$$A\% = \frac{L_R - L_0}{L_0}$$

Per acciai a bassa resistenza il suo valore può arrivare anche a 40, man mano che aumenta la resistenza dell'acciaio,  $A\%$  si riduce.

### **Fattore di sicurezza**

In progetto, a robustezza, non si impone che in corrispondenza dei valori massimi del carico, il materiale sia sforzato fino alla tensione di snervamento, poiché un ulteriore aumento accidentale, non previsto del carico determinerebbe il cedimento della struttura. Nei calcoli strutturali non si introduce la tensione di snervamento ma un valore più basso ottenuto dividendo la tensione di snervamento per un numero detto fattore di sicurezza o coefficiente di sicurezza. Il valore di tensione ottenuto si chiama tensione ammissibile.

In definitiva, nei calcoli strutturali si progetta con valore di tensione pari a tensione di snervamento diviso il fattore di sicurezza:

$$\sigma_{amm} = \frac{\sigma_s}{k}$$

Il valore del fattore di sicurezza dipende dal tipo di progetto.