

PROVA DI TRAZIONE STATICA

UNI EN ISO 6892-1:2009
(penultima normativa)

UNI EN ISO 6892-1:2016

Materiali metallici - Prova di trazione - Parte
1: Metodo di prova a temperatura ambiente
(ultima normativa)

PREMESSA

E' la più importante prova meccanica convenzionale.

Si esegue su ogni materiale allo scopo di individuare le proprietà di

**RESISTENZA,
DEFORMABILITA',
ELASTICITA'.**

Costituisce il mezzo di controllo che offre al progettista i valori di riferimento per il calcolo e il dimensionamento degli organi di macchine.

PRINCIPIO

LA PROVA CONSISTE NEL SOTTOPORRE UNA PROVETTA A UNO SFORZO DI TRAZIONE, GENERALMENTE FINO A ROTTURA.

Se non diversamente specificato, la prova è eseguita a temperatura ambiente nei limiti tra 10 ° C e 35 ° C.



Le prove effettuate in condizioni controllate devono essere eseguite ad una temperatura di $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

PROVETTA

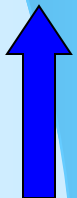
Forma e dimensioni

La forma e le dimensioni delle provette dipendono dalla forma e dalle dimensioni dei prodotti metallici da cui esse sono prelevate.

prospetto 2 Tipi principali di provette in base al tipo di prodotto

Tipo di prodotto		Appendice corrispondente
Lamiere - Lastre - Prodotti piani  con uno spessore in millimetri di	Fili - Barre - Profilati  con diametro o lato in millimetri	
0,1 ≤ spessore < 3	-	B
-	<4	C
≥3	≥4	D
Tubi		E

Le tolleranze dimensionali delle provette devono essere conformi a quelle indicate nelle appendici pertinenti



PROVETTA

Forma e dimensioni

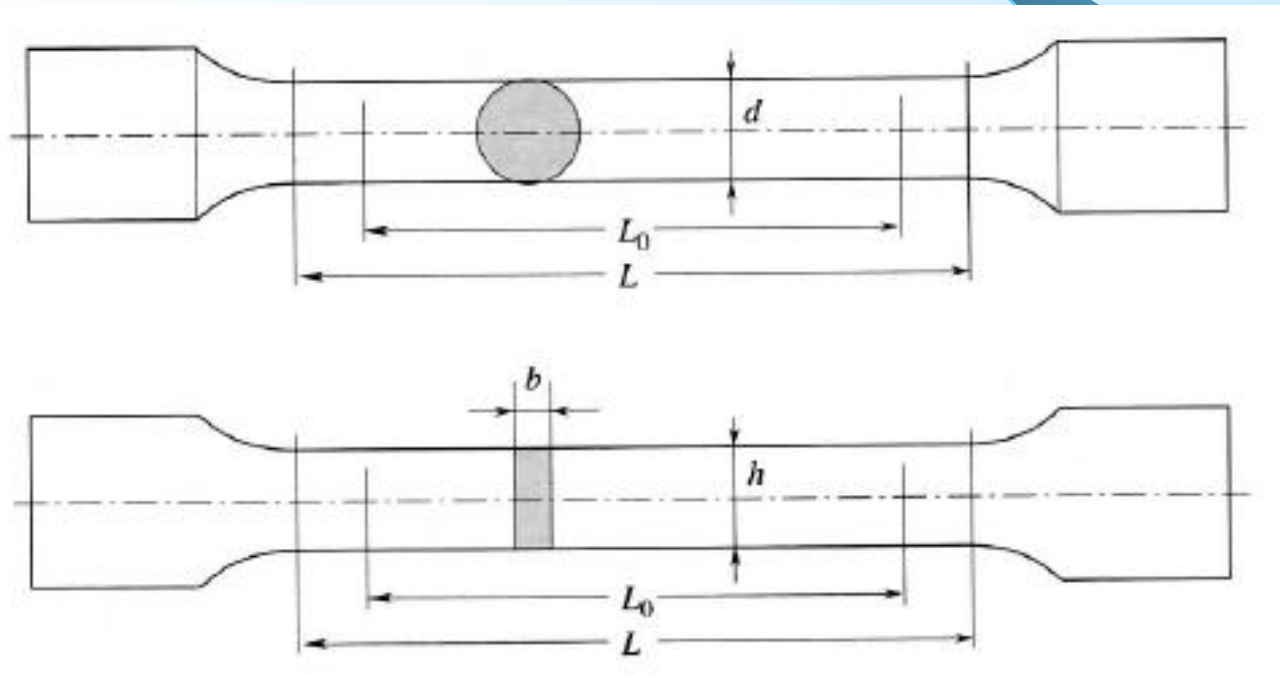
La provetta è generalmente ottenuta mediante lavorazione di macchina di un saggio prelevato da un prodotto o da un estruso o un getto.

I prodotti di sezione costante (profilati, barre, fili, ecc.) come pure le provette grezze di fonderia (es. ghise e leghe non ferrose) possono essere sottoposti a prova senza essere lavorati di macchina.

PROVETTA

Forma e dimensioni

La sezione trasversale delle provette può essere circolare, quadrata, rettangolare o di altra forma.



PROVETTE PROPORZIONALI

Le provette proporzionali la lunghezza iniziale tra i riferimenti è rapportata all'area della sezione iniziale secondo un coefficiente k riconosciuto a livello internazionale.

La lunghezza iniziale tra i riferimenti non deve essere minore di 20 mm. Quando il valore dell'area della sezione iniziale della provetta è troppo basso per soddisfare questo requisito con il valore 5,65 del coefficiente k , è possibile utilizzare un valore maggiore (preferibilmente 11,3) o una provetta non proporzionale.

prospetto D.1 Provette a sezione circolare

k	Diametro d mm	Area della sezione iniziale S_0 mm ²	Lunghezza iniziale tra i riferimenti $L_0 = k \sqrt{S_0}$ mm	Lunghezza minima della parte calibrata L_c mm	Lunghezza totale L_t
5,65	20 ± 0,150	314	100 ± 1,0	110	Dipende dal metodo di fissaggio della provetta nei dispositivi di serraggio della macchina In linea di principio: $L_t > L_c + 2d$ o $4d$
	10 ± 0,075	78,5	50 ± 0,5	55	
	5 ± 0,040	19,6	25 ± 0,25	28	

PROVETTE

NON PROPORZIONALI

In caso di provette non proporzionali, la lunghezza iniziale tra i riferimenti (L_0) è presa indipendentemente dall'area della sezione iniziale (S_0).

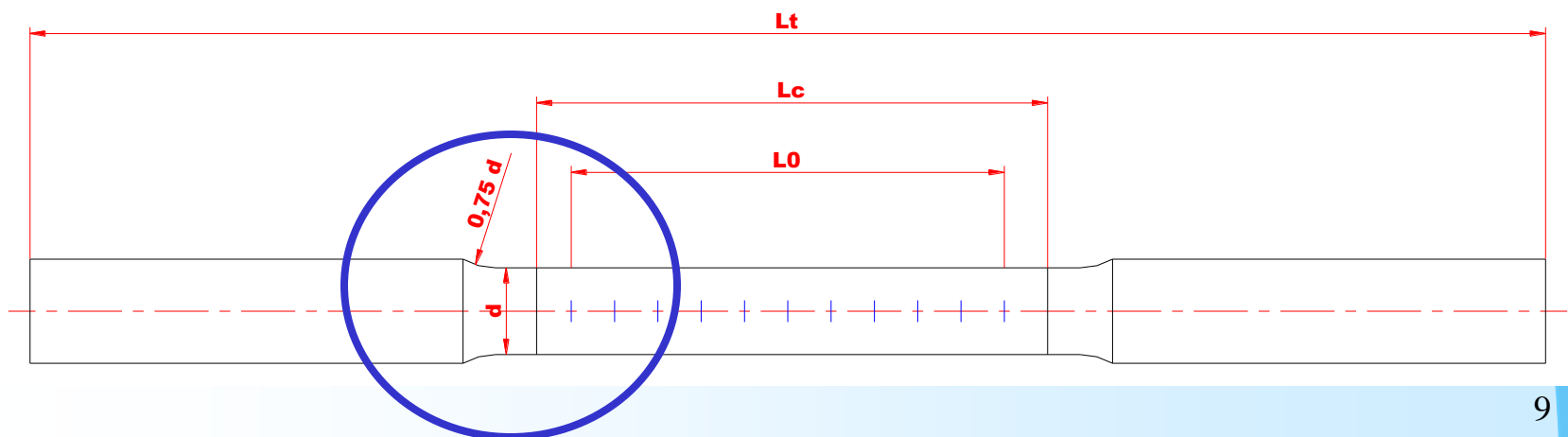
PROVETTE LAVORATE DI MACCHINA

Le provette lavorate di macchina devono presentare un raccordo tra le teste di serraggio e la parte calibrata, se queste hanno dimensioni diverse.

Le dimensioni di questo raggio di raccordo possono essere importanti e si raccomanda che esse siano definite nella specifica del prodotto.

Il raggio minimo di raccordo deve essere:

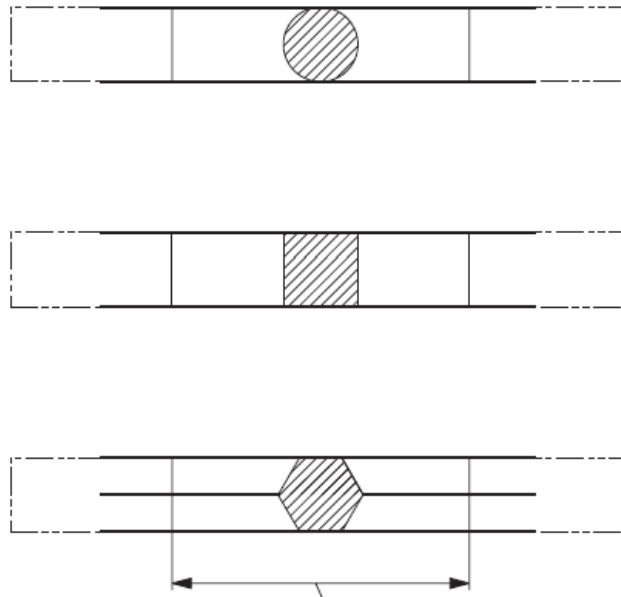
0,75 d per provette cilindriche;
12 mm per le provette prismatiche.



PROVETTE NON LAVORATE

Nel caso in cui la provetta sia costituita da uno spezzone grezzo di prodotto o da una barra di prova non lavorata di macchina, la lunghezza libera tra i dispositivi di serraggio deve essere sufficiente perché i riferimenti si trovino ad opportuna distanza da questi dispositivi.

Provette costituite con una porzione non lavorata del prodotto (1)



MARCATURA DELLA LUNGHEZZA INIZIALE TRA I RIFERIMENTI (Lo)

Ciascuna estremità della lunghezza iniziale tra i riferimenti deve essere marcata mediante segni sottili o piccole incisioni (*in N parti uguali nel nostro caso ad esempio 10 o 20*), ma non mediante intagli in grado di provocare rotture premature.

La lunghezza iniziale tra i riferimenti deve essere marcata con una accuratezza pari a $\pm 1\%$.

TESTE DI SERRAGGIO – METODO DI SERRAGGIO

TESTE DI SERRAGGIO: possono essere di qualsiasi forma appropriata ai dispositivi di serraggio della macchina di prova.

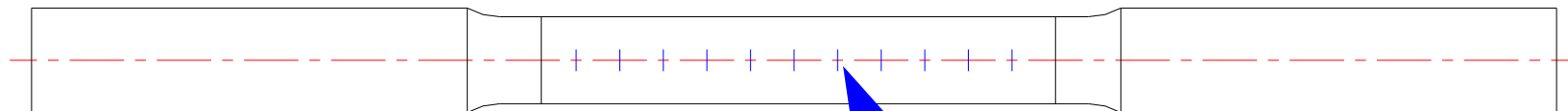
METODO DI SERRAGGIO: le provette devono essere tenute in posizione da mezzi idonei quali cunei, ganasce filettate di serraggio, ganasce, a facce parallele, ecc.

Il carico deve essere applicato in modo assiale al fine di ridurre al minimo la flessione.

TERMINOLOGIA

TESTE DI SERRAGGIO

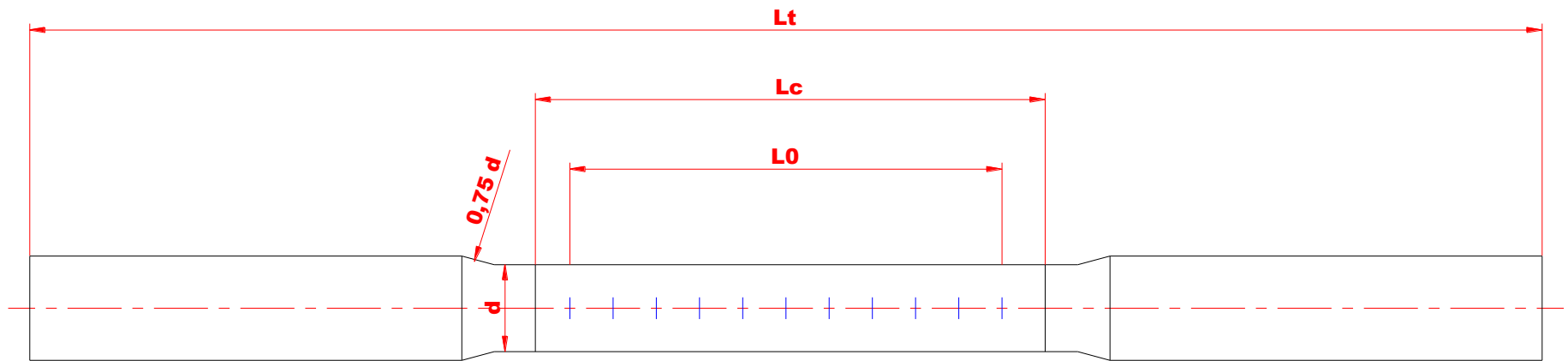
RACCORDO



PARTE CALIBRATA

MARCATURA

TERMINOLOGIA



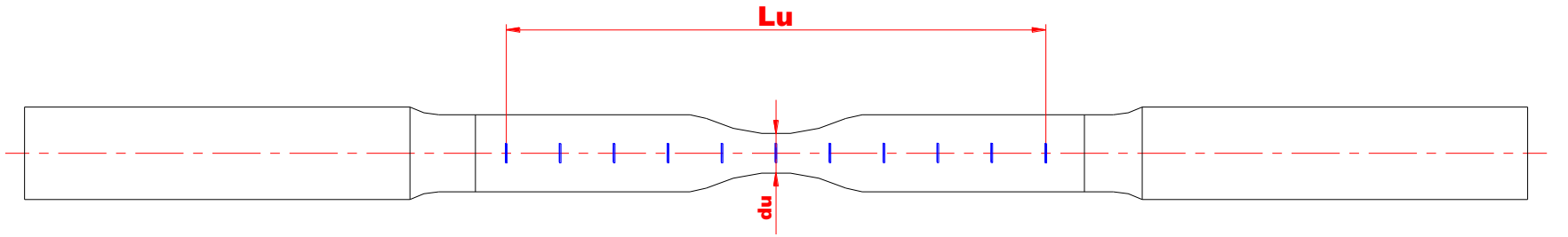
L_t = lunghezza totale della provetta

L_c = lunghezza della parte calibrata (sezione ridotta provetta)

L_o = lunghezza tra i riferimenti prima dell'applicazione della forza

d = diametro della sezione calibrata

TERMINOLOGIA



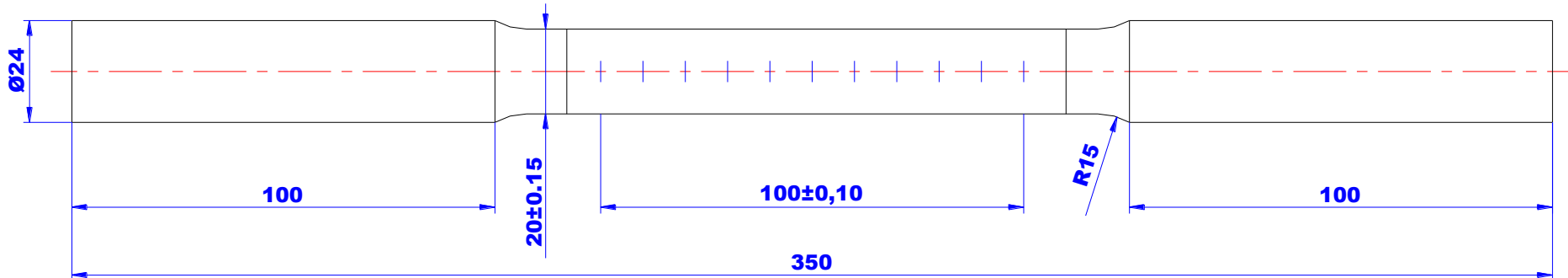
L_u = lunghezza finale tra i riferimenti dopo la rottura della provetta

d_u = diametro finale dopo la rottura

A = allungamento percentuale dopo rottura

Z = strizione percentuale della sezione trasversale

DIMENSIONI DELLA PROVETTA A SEZIONE CIRCOLARE

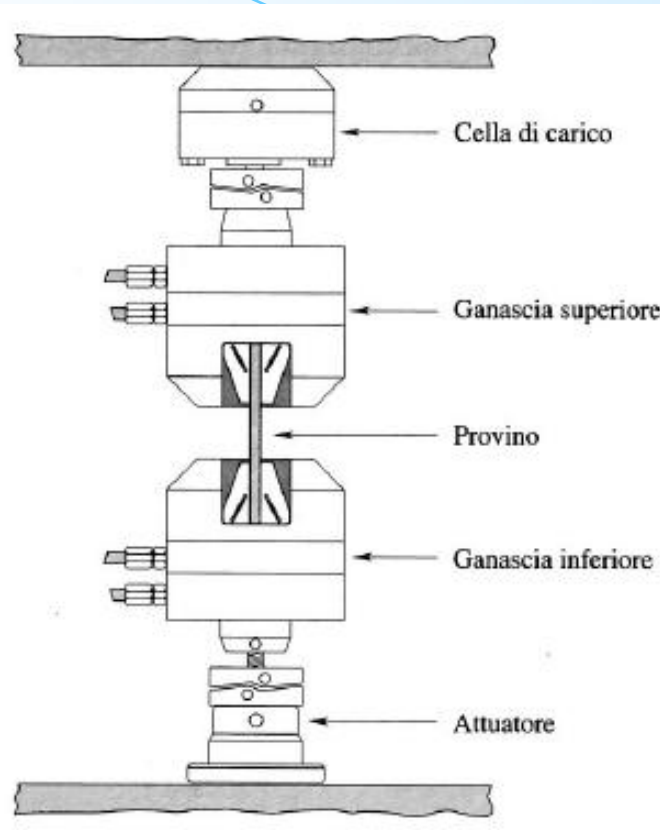


La provetta da noi realizzata tiene conto delle indicazioni impartite dalla normativa UNI EN ISO 6892-1:2016.

Si è tenuto conto delle dimensioni delle ganasce della macchina della prova di trazione (80 mm);

Degli ingombri dell'estensimetro esterno.

MACCHINA PER LA PROVA DI TRAZIONE



Dalla misura del carico (mediante celle di carico) e della deformazione **mediante estensimetri applicati nella zona centrale del provino**, si ricavano i valori per la costruzione del **diagramma carichi-allungamenti**.

DIAGRAMMA CARICHI – ALLUNGAMENTI

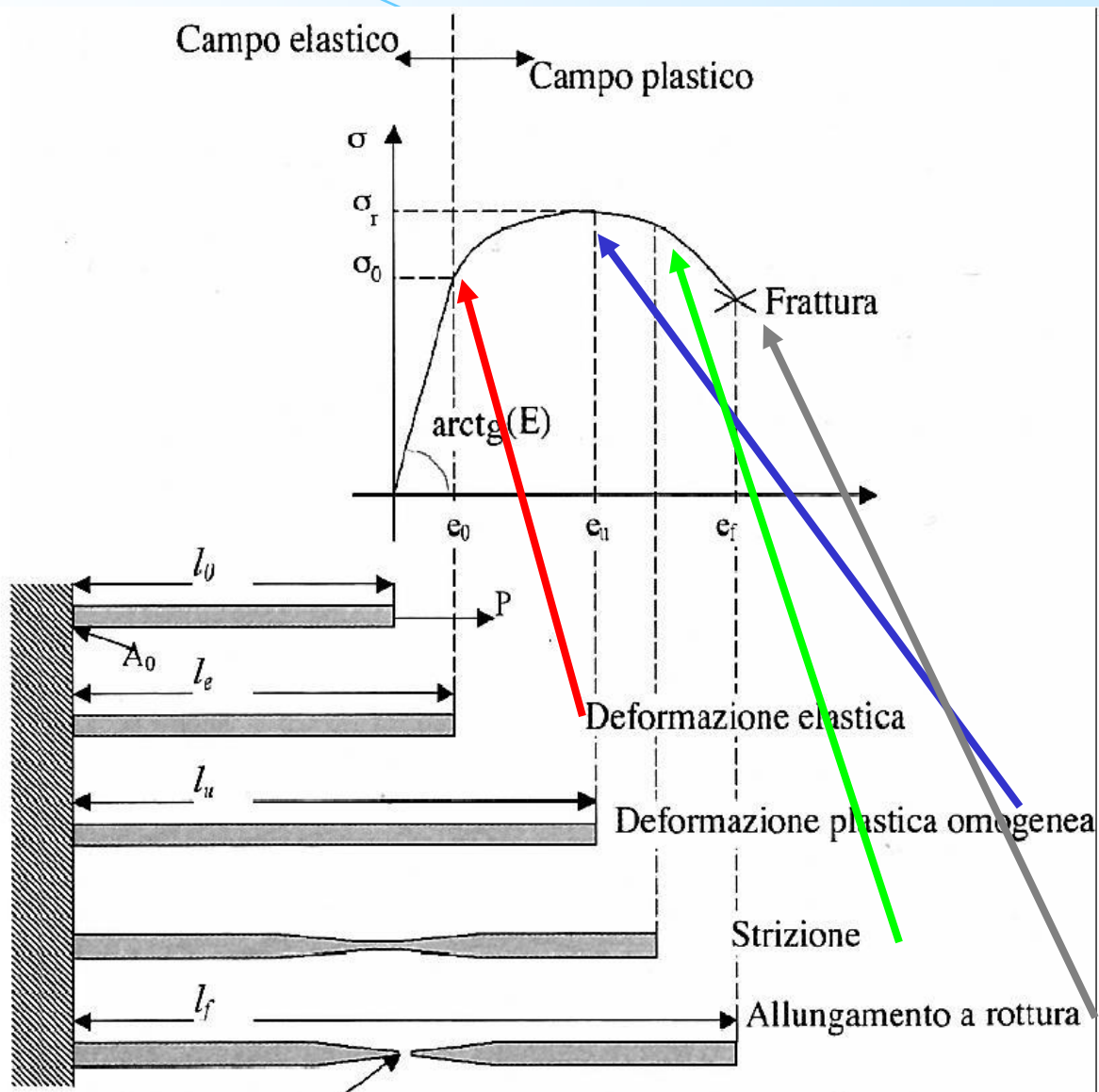
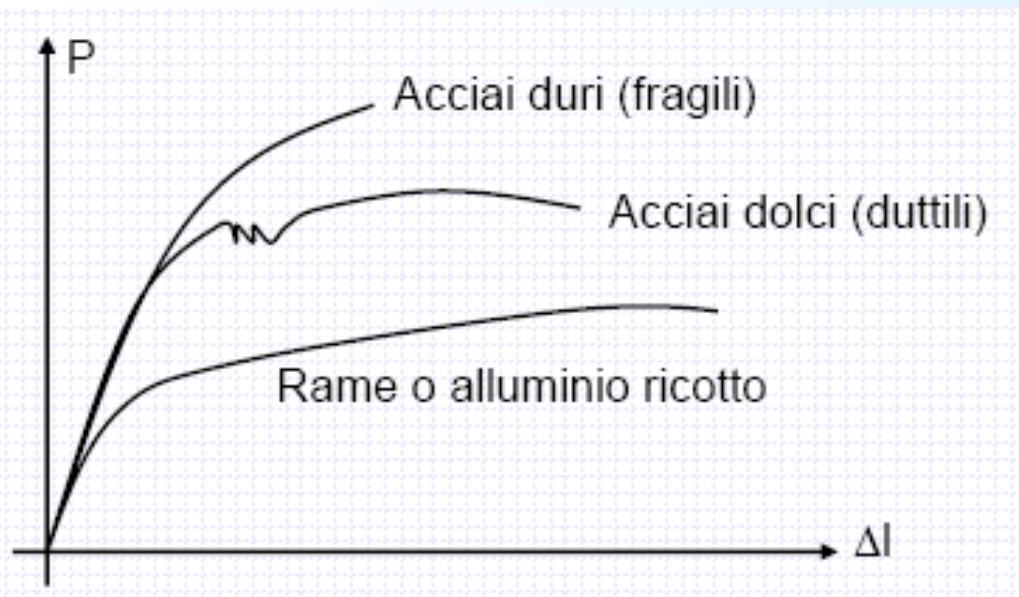


DIAGRAMMA ACCIAI DUTTILI E FRAGILI



ACCIAIO

GHISA



Rottura duttile
(materiale tenace)

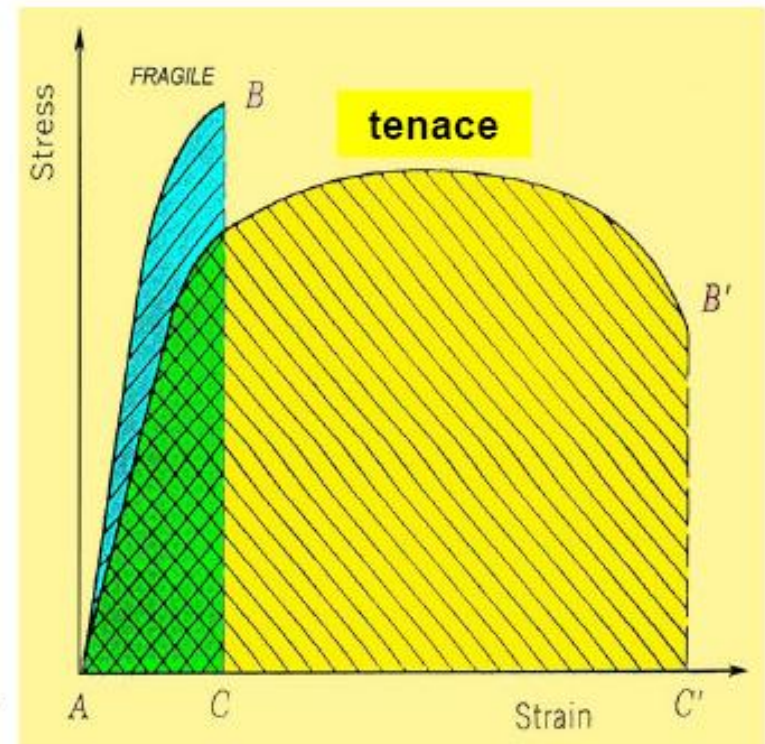
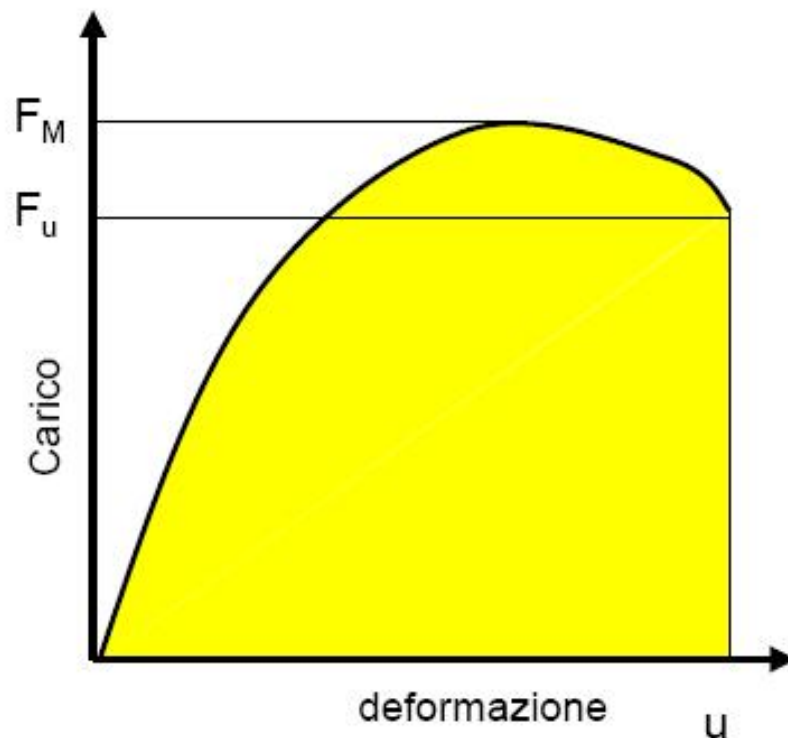


Rottura fragile

DIAGRAMMA – INDICAZIONI SULLA TENACITÀ E SULLA FRAGILITÀ

LA PROVA DI TRAZIONE

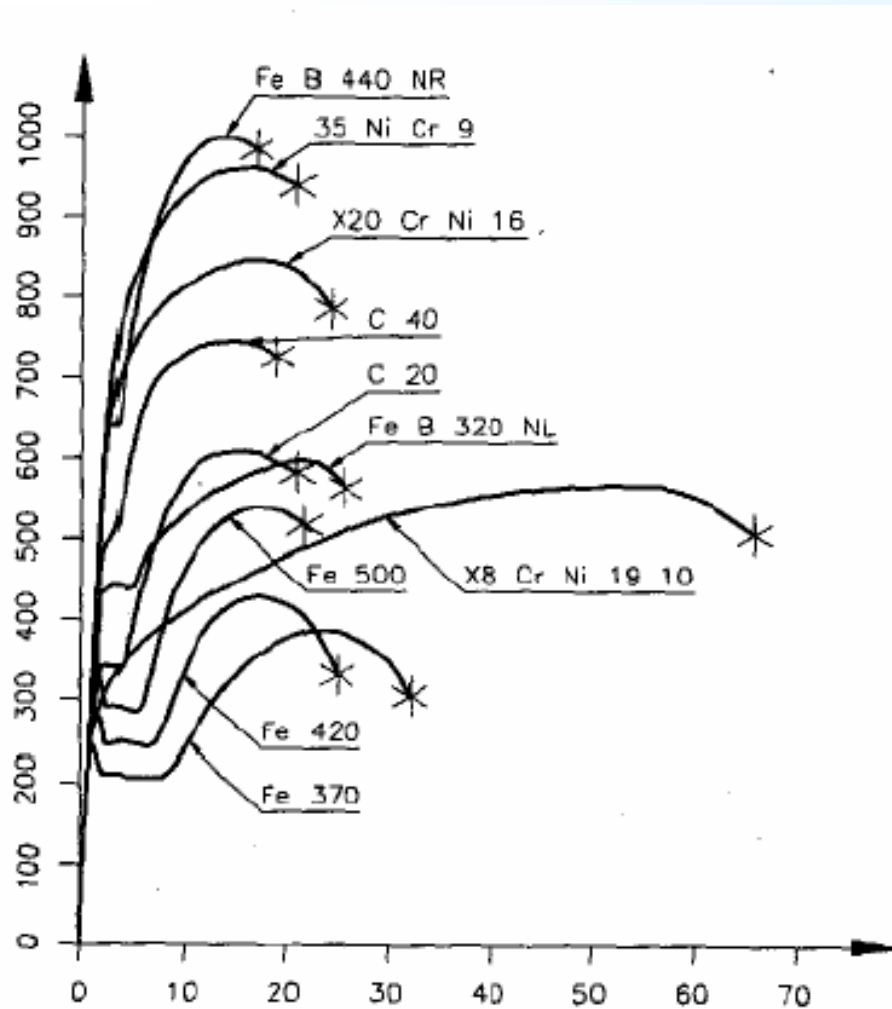
L'area sottesa dalla curva tensione-deformazione rappresenta l'energia assorbita dal provino prima della rottura ed è indice della **tenacità del materiale**.



VARIE TIPOLOGIE DI DIAGRAMMI CARICHI – ALLUNGAMENTI

LE DIFFERENZE INSORGONO PER:

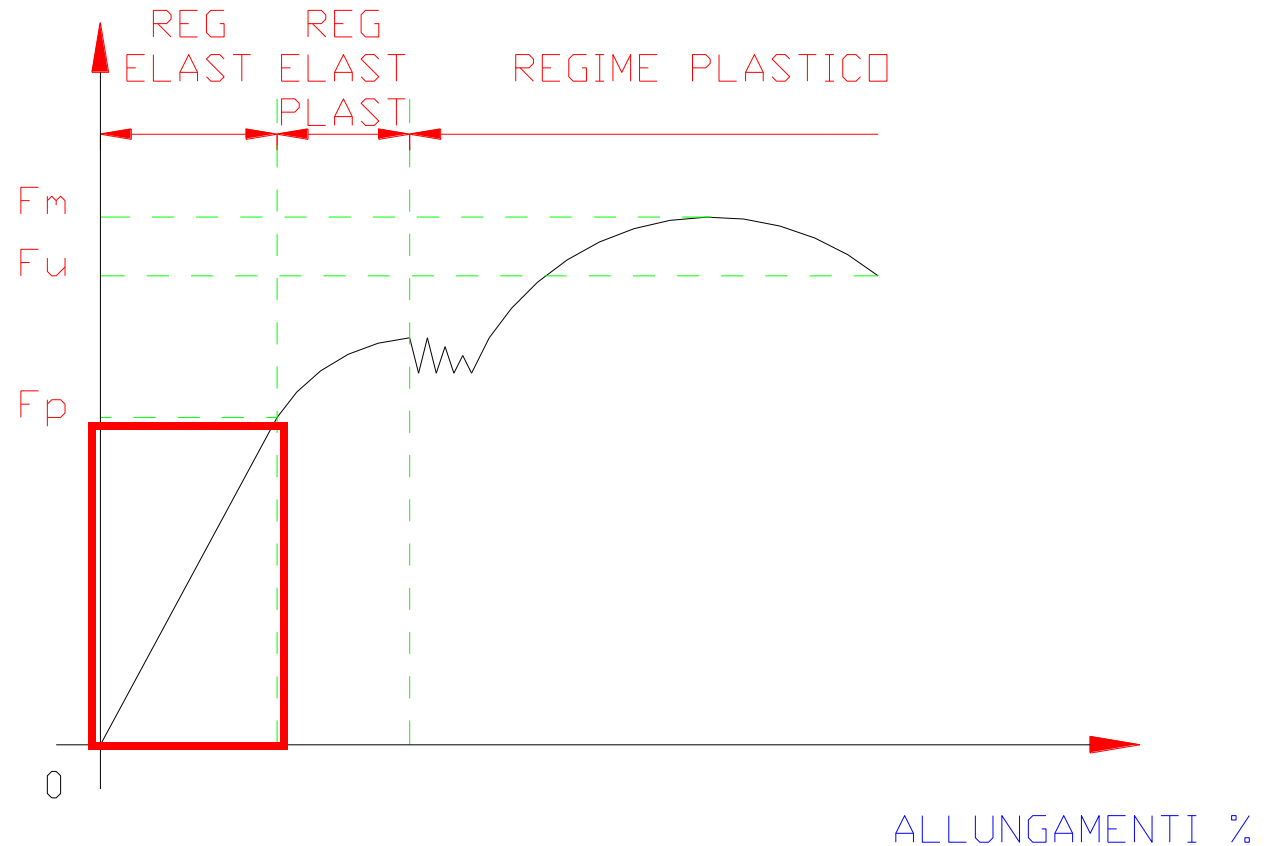
- Composizione chimica
- Trattamenti termici
- Trattamenti meccanici
- Cristallizzazioni
- Invecchiamento
- Dimensione dei grani
- Processi tecnologici di fabbricaz.
- Temperatura di prova
- ecc ...



CAMPO ELASTICO

In una prima fase, quando il materiale è sottoposto ai primi carichi, l'allungamento cresce in proporzione al carico impresso.

Al cessare del carico la provetta riacquista le dimensioni iniziali.

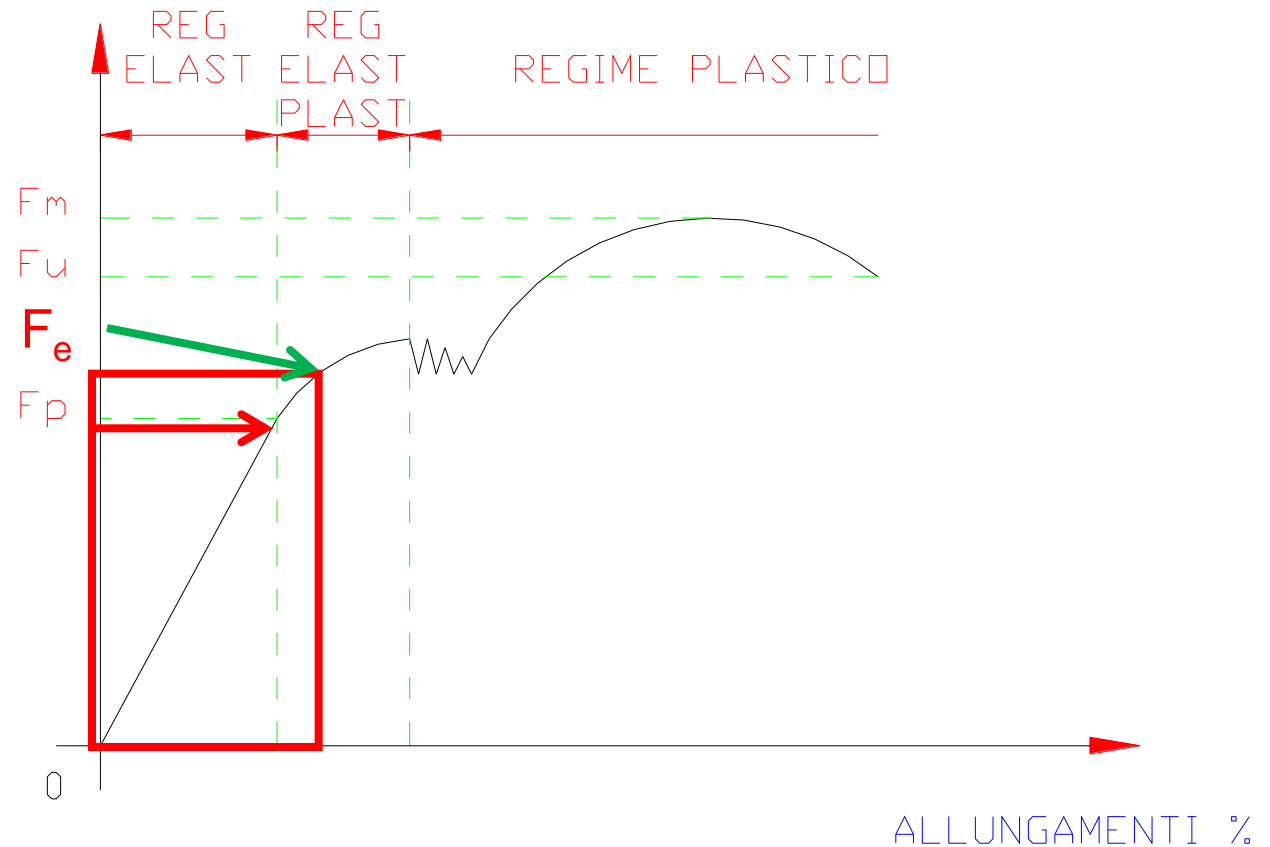


CAMPO ELASTICO

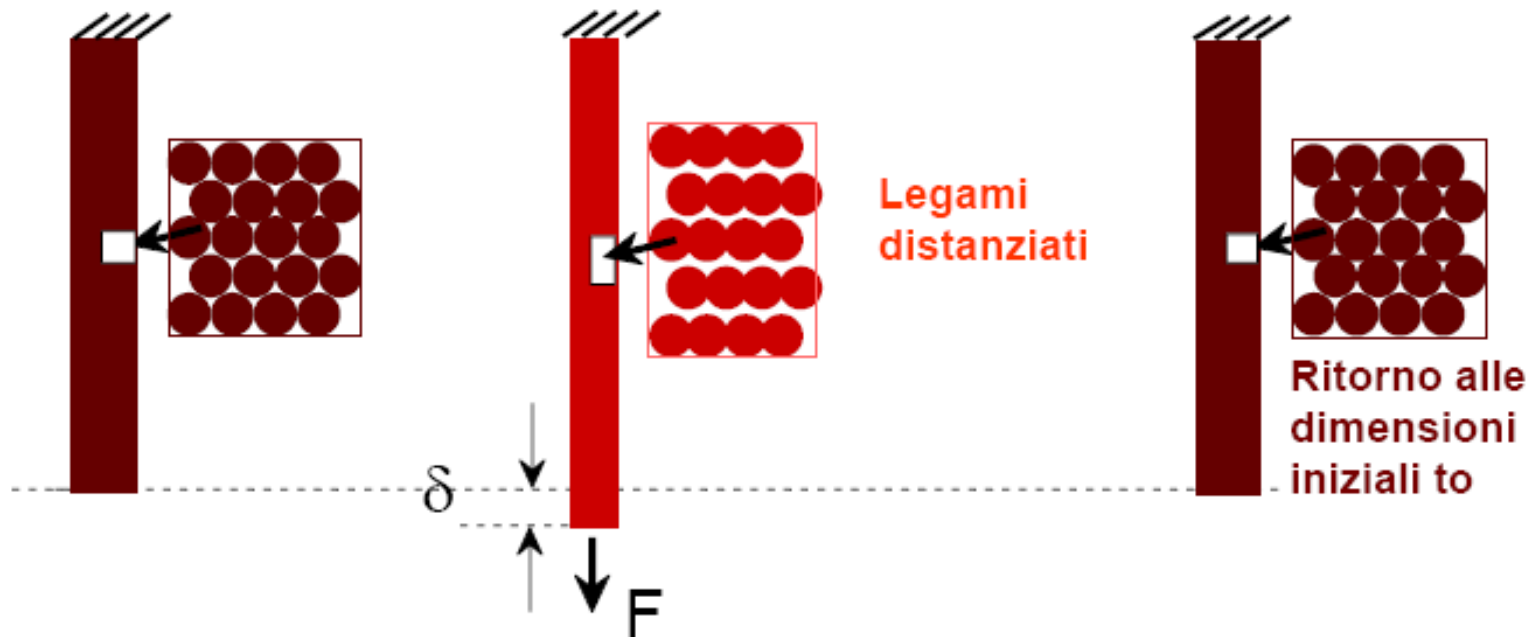
In realtà l'allungamento cresce in relazione al carico impresso con due andamenti: **lineare e non lineare**.

F_p = carico totale di scostamento dalla proporzionalità

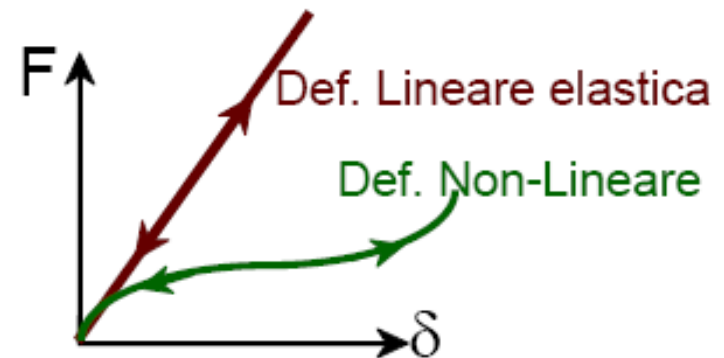
F_e = carico totale al limite elastico



CONCETTO DI DEFORMAZIONE ELASTICA



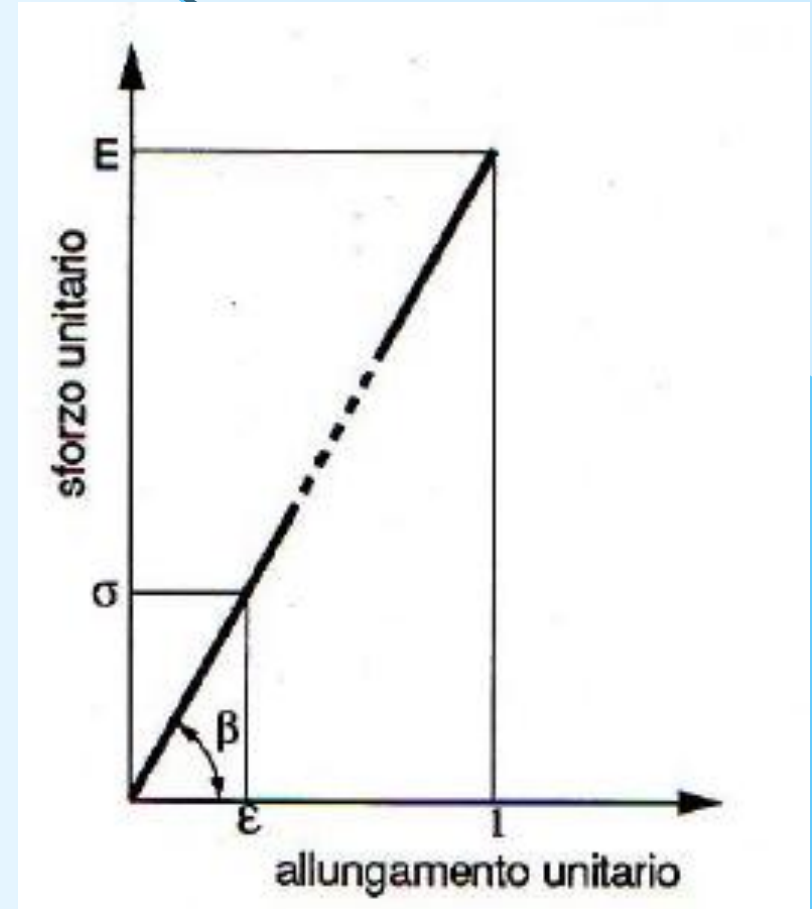
Una deformazione elastica è reversibile



MODULO DI ELASTICITÀ A TRAZIONE O MODULO DI YOUNG (E)

È il rapporto fra il carico unitario di trazione σ entro i limiti di proporzionalità e la deformazione ε corrispondente.

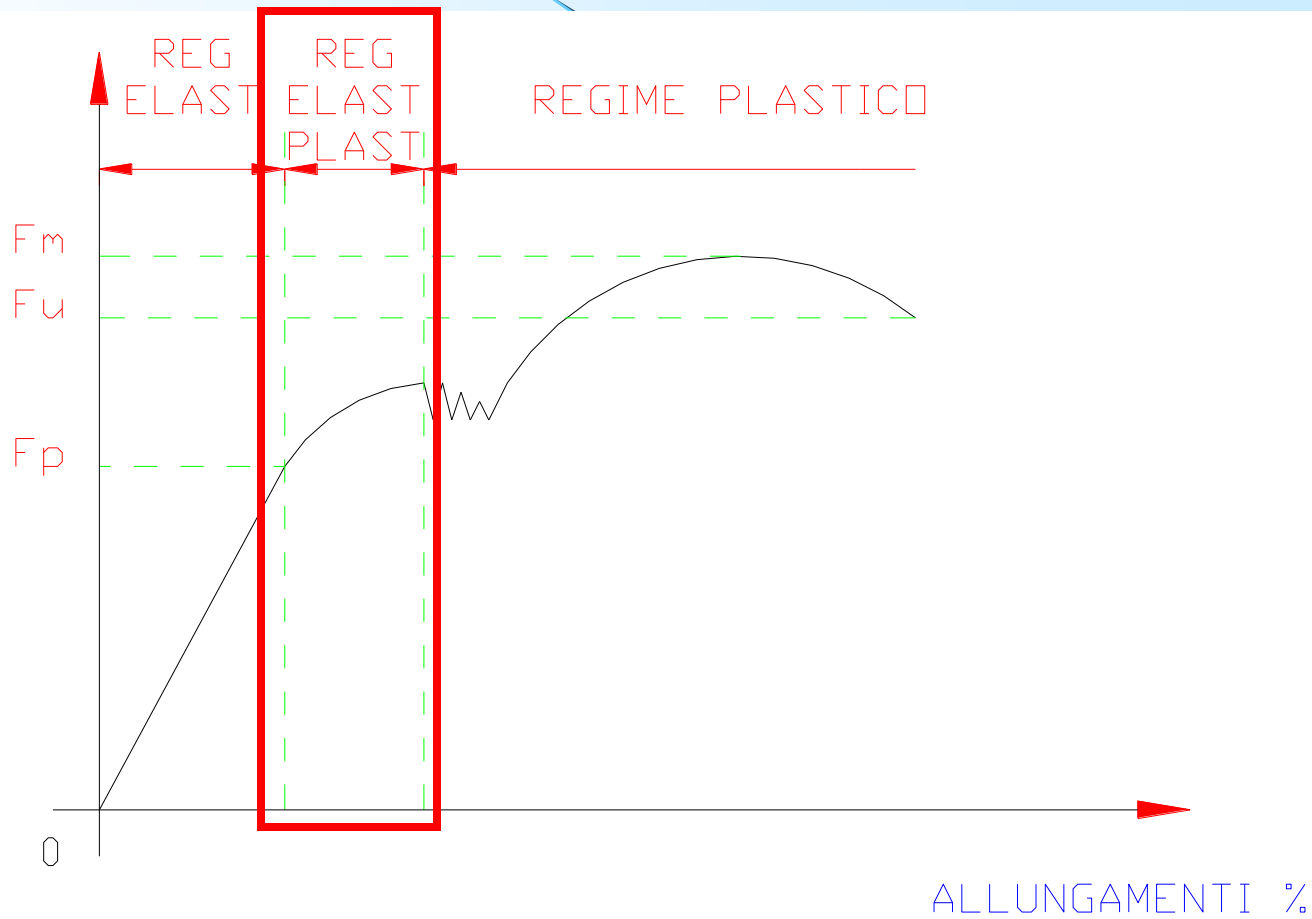
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$



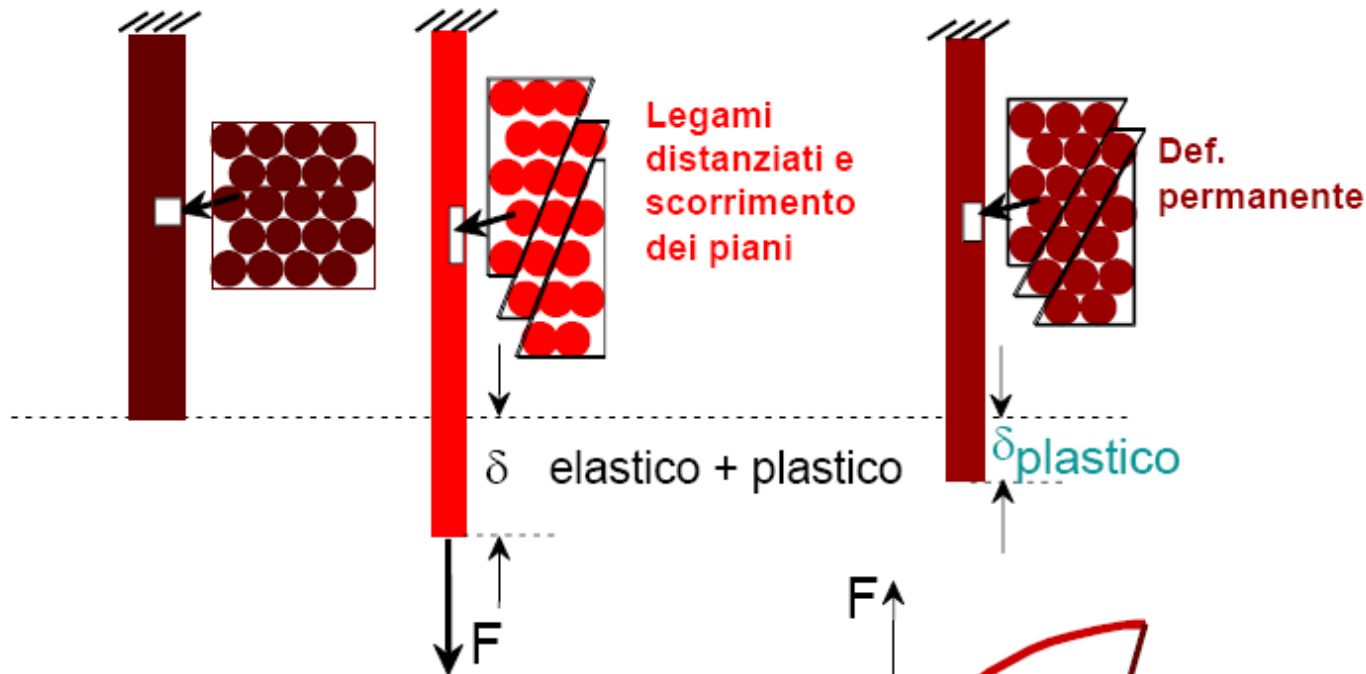
CAMPO ELASTO-PLASTICO

La provetta comincia a subire delle deformazioni che permangono, in parte, anche dopo aver eliminato il carico.

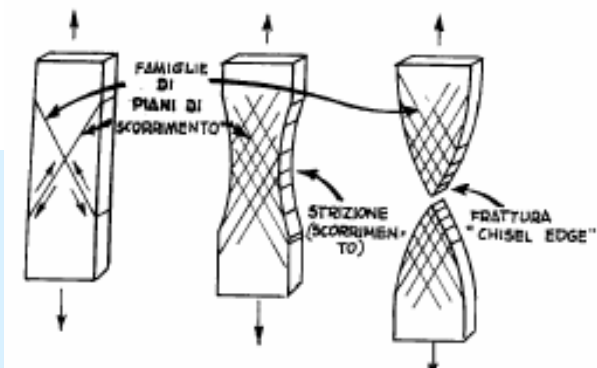
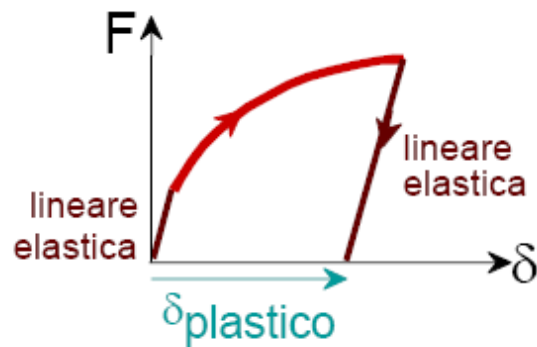
Se togliamo il carico l'allungamento si riduce, ma la provetta non riassume le dimensioni iniziali



CONCETTO DI DEFORMAZIONE PLASTICA



Una deformazione plastica è irreversibile



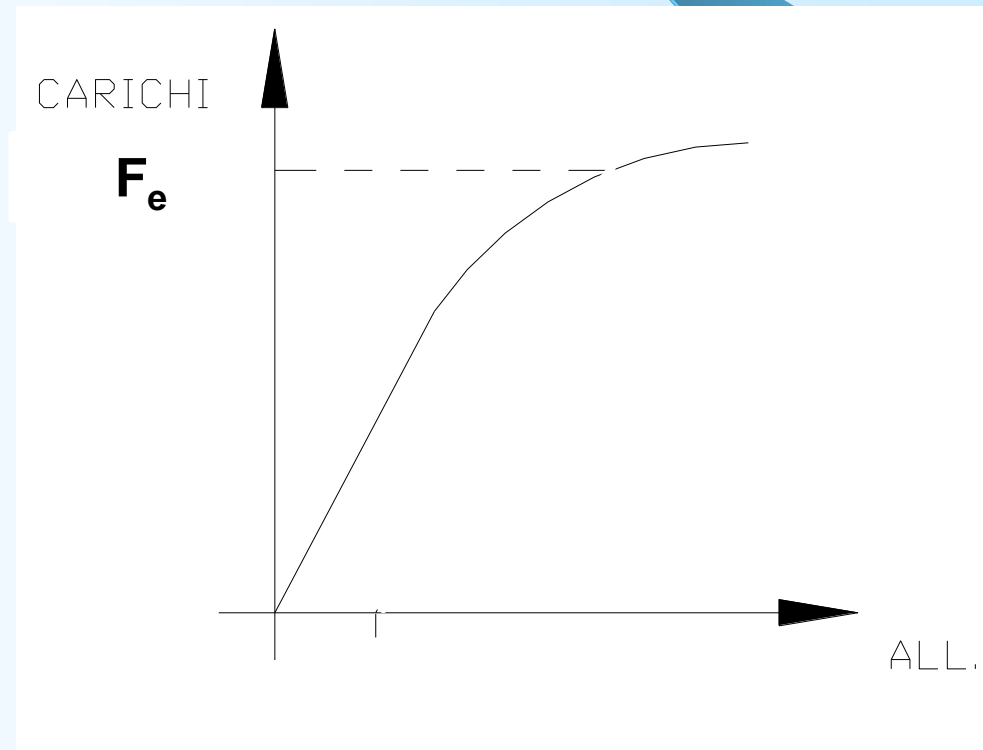
Re - CARICO UNITARIO AL LIMITE ELASTICO

È il rapporto fra il carico al limite elastico, proporzionale e non, e la sezione S_0 della provetta all'inizio.

E' il carico per il quale non subentrano deformazioni permanenti nel provino $E_s: R_e$.

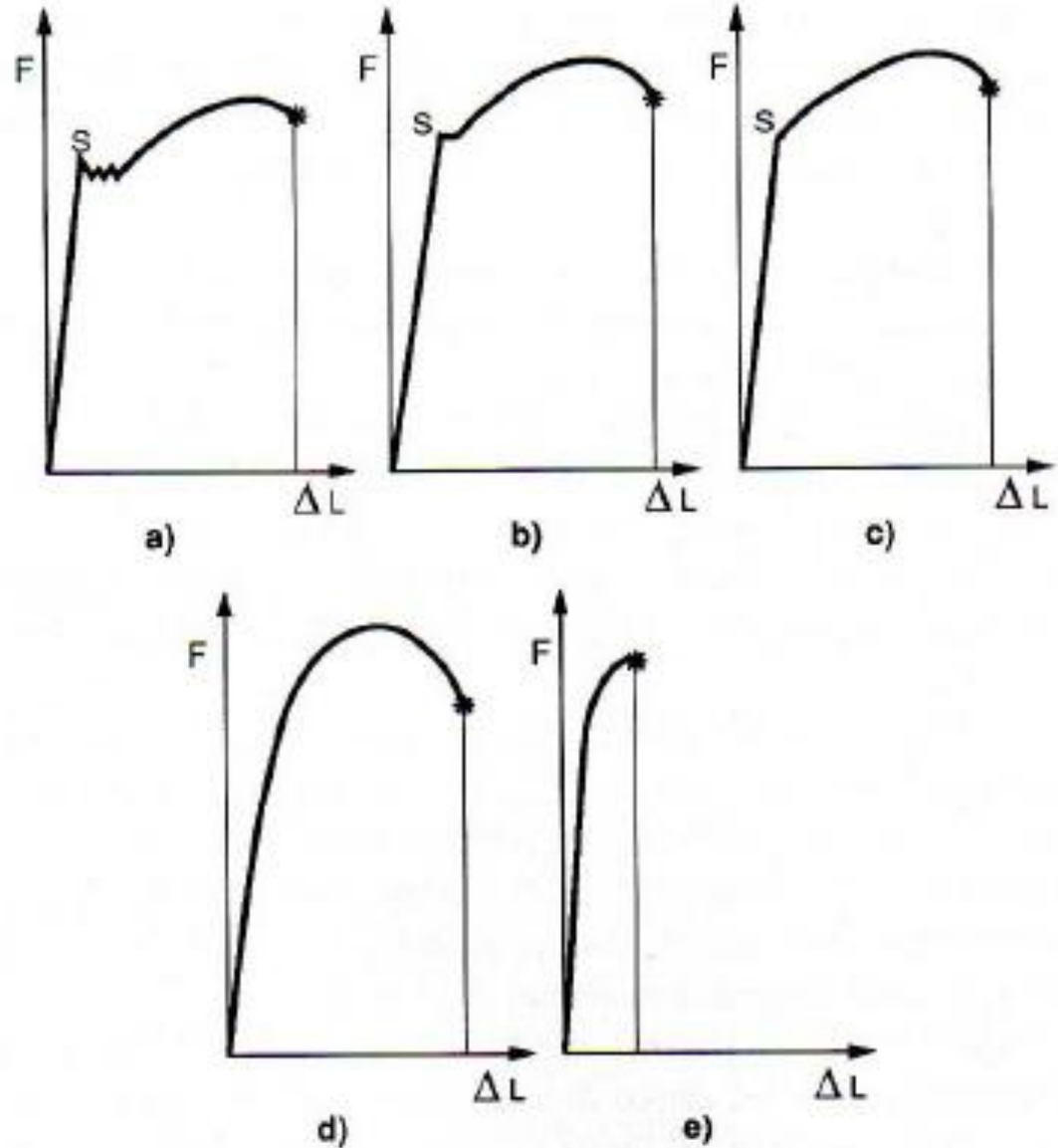
Tale carico non si riesce a determinare in modo agevole

$$R_e = F_e / S_0$$



SNERVAMENTO

Quando il materiale metallico presenta un fenomeno di snervamento, durante la prova si raggiunge un punto in corrispondenza del quale si manifesta una deformazione plastica senza alcun incremento del carico.



SNERVAMENTO SUPERIORE (ReH) – INFERIORE (ReL)

ReH- CARICO UNITARIO DI SNERVAMENTO SUPERIORE:

Valore del carico unitario nell'istante in cui si osserva effettivamente la prima diminuzione del carico.

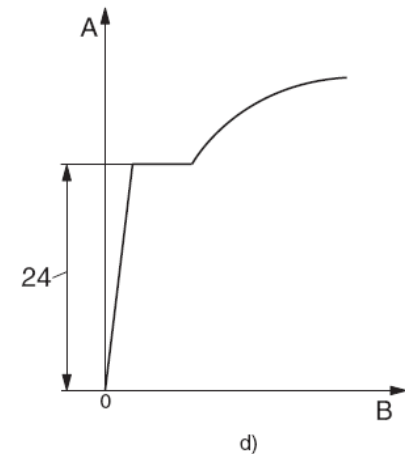
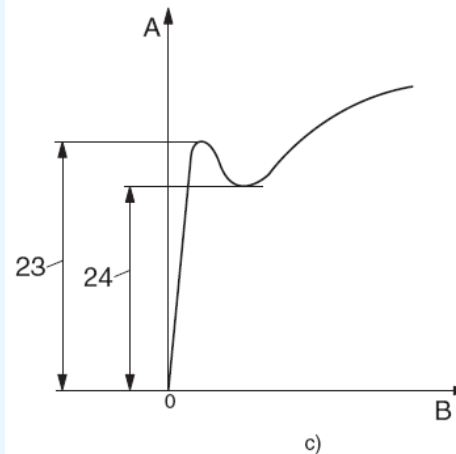
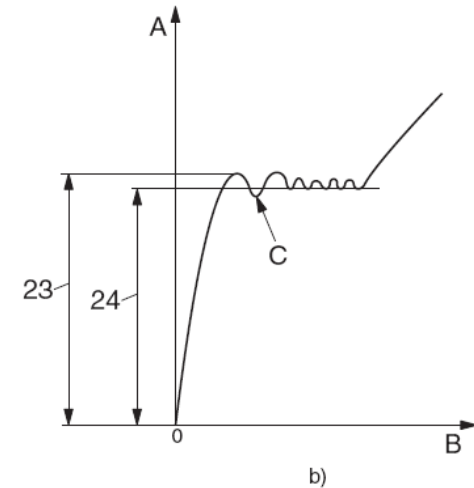
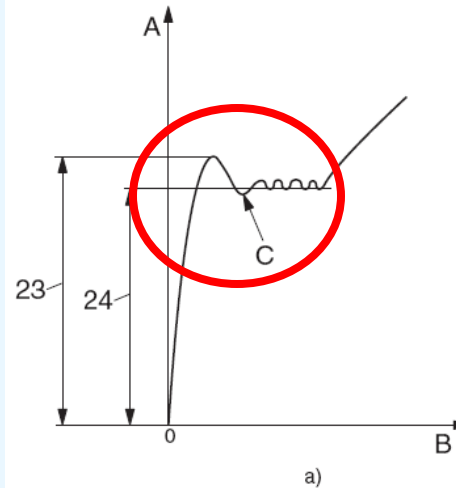
ReL - CARICO UNITARIO DI SNERVAMENTO INFERIORE:

Valore più basso del carico unitario durante la deformazione plastica dello snervamento, non tenendo conto degli eventuali effetti transitori (C).

Definizioni del carico unitario di snervamento superiore e inferiore per diversi tipi di curve

Legenda

- A Carico unitario
- B Allungamento percentuale
- C Effetto transitorio iniziale



R_p - CARICO UNITARIO DI SCOSTAMENTO DALLA PROPORZIONALITÀ

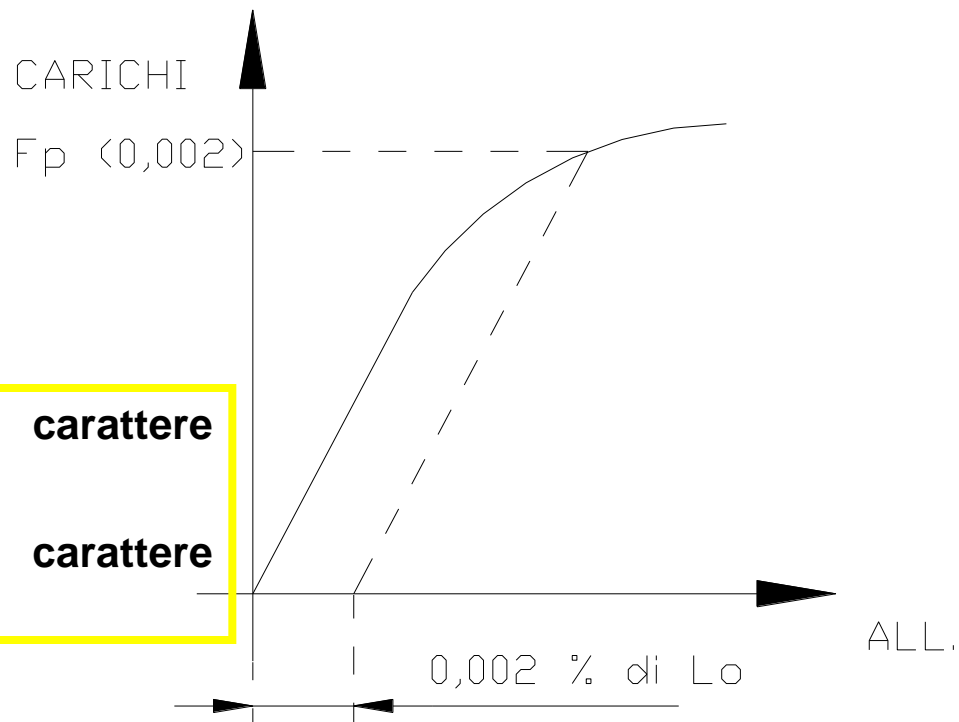
È il rapporto fra il carico al limite dalla proporzionalità e la sezione S_0 della provetta all'inizio.

E' il carico per il quale si verifica un allungamento non proporzionale, residuo, prescritto espresso in % della lunghezza iniziale della provetta *Es: R_p (0,002).*

Sostituisce il carico unitario al limite elastico di difficile determinazione

All.= 0,002% per prove a carattere scientifico.

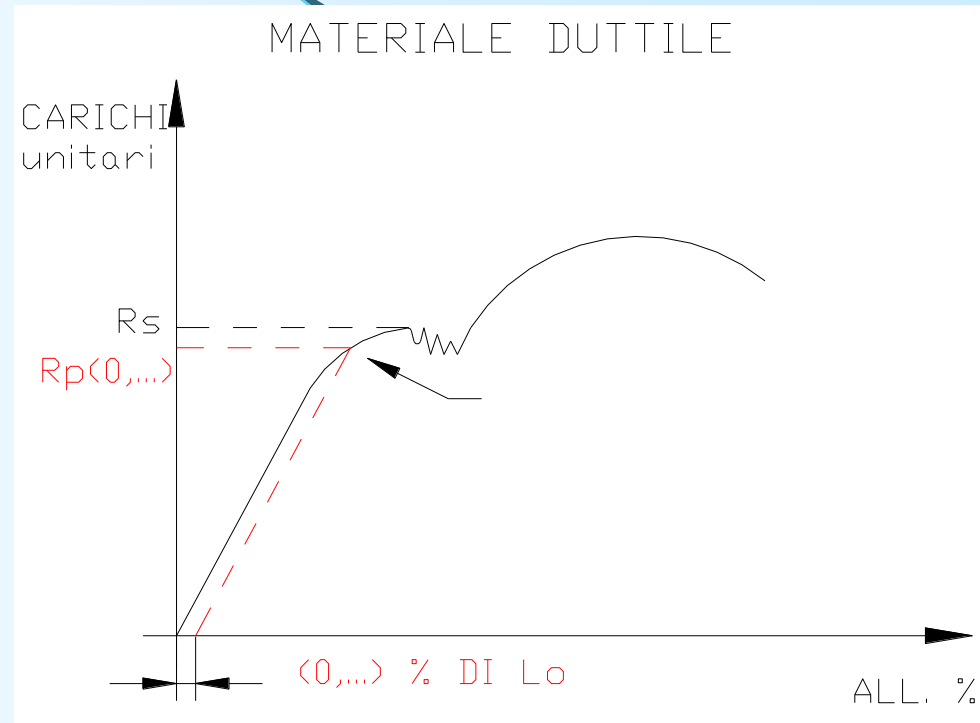
All.= 0,02% per prove di carattere industriale



$$R_{p(0,0..)} = F_{p(0,0..)} / S_0$$

DETERMINAZIONE DEL CARICO UNITARIO DI SCOSTAMENTO DALLA PROPORZIONALITÀ

Il carico unitario di scostamento dalla proporzionalità è determinato dal diagramma carico allungamento tracciando una retta parallela alla parte rettilinea della curva e ad una distanza dalla stessa pari alla percentuale di allungamento non proporzionale prescritta, per esempio 0,02%.



R_p - CARICO UNITARIO DI SCOSTAMENTO DALLA PROPORZIONALITÀ DI DIFFICILE DETERMINAZIONE

A volte la parte rettilinea del diagramma carico-allungamento non è chiaramente definita, anche per il fenomeno dell'anaelasticità, e la retta parallela non può essere tracciata con precisione sufficiente.

In questo caso si utilizza il seguente procedimento di seguito riportato che però prevede la realizzazione di diverse prove e pertanto viene effettuato solo in casi particolari.

R_p - CARICO UNITARIO DI SCOSTAMENTO DALLA PROPORZIONALITÀ DI DIFFICILE DETERMINAZIONE

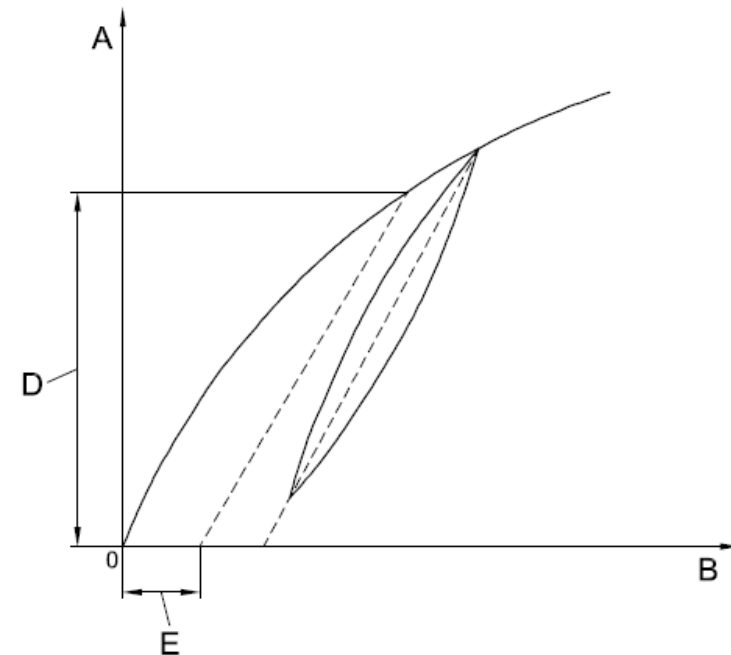
Una volta superato il carico unitario di scostamento dalla proporzionalità presunto, il carico è ridotto fino a un valore uguale a circa il 10% del carico raggiunto.

Il carico è poi nuovamente incrementato fino al superamento del valore raggiunto in precedenza. Per determinare il carico unitario desiderato si traccia una retta attraverso il ciclo di isteresi.

Carico unitario di scostamento dalla proporzionalità (R_p) (vedere punto 13.1)

Legenda

- A Carico unitario
- B Estensione percentuale
- D Carico unitario corrispondente a R_p
- E Estensione non proporzionale specificata



È poi tracciata una retta parallela a questa linea, la cui distanza dall'origine della curva corretta, misurata sull'asse delle ascisse, corrisponde alla percentuale di allungamento non proporzionale prescritta.

R_p - MODALITÀ DI DETERMINAZIONE DEL CARICO UNITARIO DI SNERVAMENTO

In questo caso per definire un carico unitario di snervamento di un materiale in cui questo fenomeno non sia evidente, oltretutto non si voglia procedere attraverso la determinazione sperimentale $R_{r(0,2)}$, si può utilizzare $R_{p(0,2)}$ attraverso il procedimento grafico visto in precedenza.

$$R_{p(0,2)} = F_{p(0,2)} / S_o \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

R_r - CARICO UNITARIO AL LIMITE DI DEFORMAZIONE PERMANENTE

È il rapporto fra il carico al limite di deformazione permanente $F_{r(0,...)}$ e la sezione della provetta S_0 all'inizio della prova.

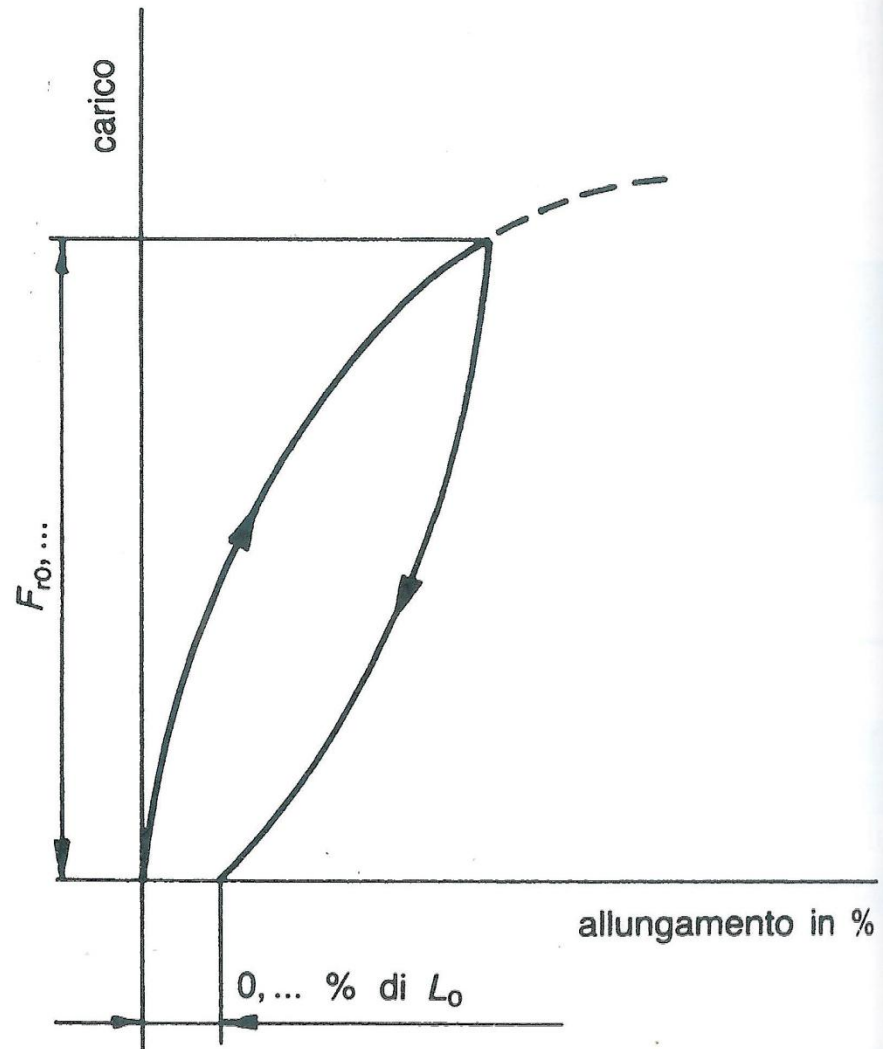
$$R_{r(0,...)} = F_r / S_0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

F_r è il carico al quale corrisponde un allungamento permanente prescritto $(0,...)$ espresso in percentuale della lunghezza iniziale fra i riferimenti della provetta dopo aver tolto il carico.

In genere si assume un valore intorno allo 0,2 % poiché l'allungamento permanente è notevole e si può ritenere che esso coincida con l'inizio della fase plastica.

Rr – MODALITÀ DI DETERMINAZIONE DEL CARICO UNITARIO LIMITE DI ALLUNGAMENTO PERMANENTE

La provetta è sottoposta da 10 s a 12 s al carico corrispondente al carico unitario specificato e, dopo la soppressione del carico, si verifica che l'estensione o l'allungamento permanente non sia maggiore della percentuale specificata per la lunghezza iniziale tra i riferimenti. Il calcolo avviene per interpolazione tra i risultati ottenuti.



R_r – MODALITÀ DI DETERMINAZIONE DEL CARICO UNITARIO LIMITE DI ALLUNGAMENTO PERMANENTE

La conoscenza del materiale e qualche prova preliminare debbono consentire con due sole prove la ricerca dei carichi che diano luogo ad allungamenti permanenti che siano uno inferiore ed uno superiore a quello richiesto.

Questo valore, insieme a R_p , R_t , viene determinato per quei materiali che durante la prova di trazione non palesano il fenomeno dello snervamento (rame, ottone, leghe di alluminio, acciai inossidabili austenitici, ecc.)

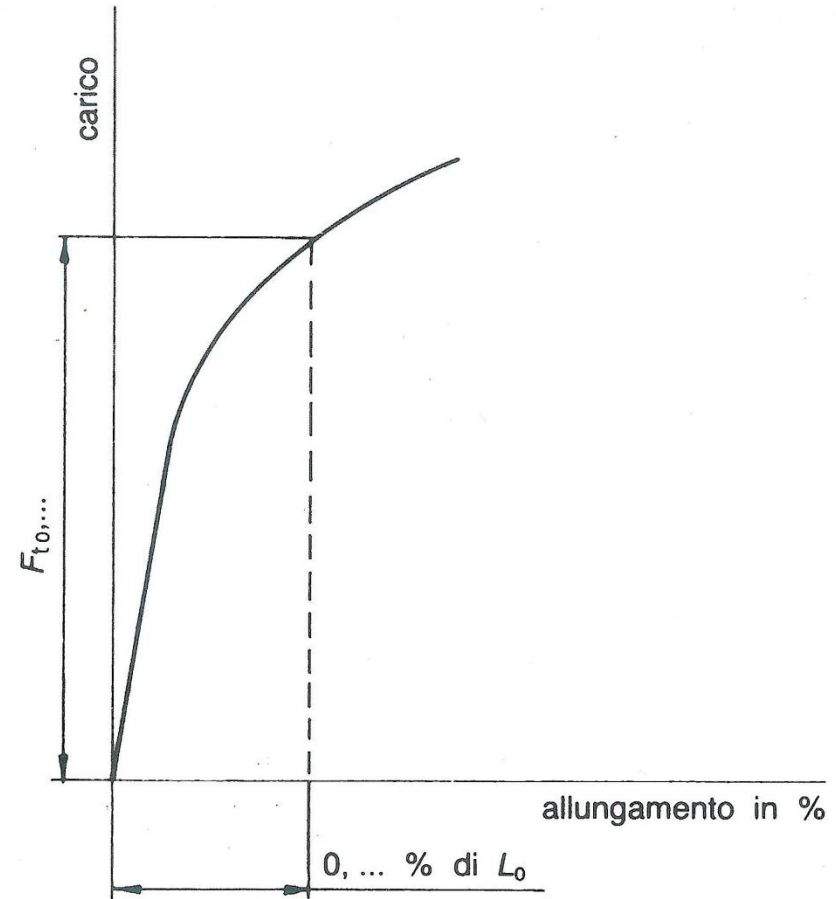
R_t – CARICO UNITARIO LIMITE DI ALLUNGAMENTO TOTALE

E' definito dal rapporto tra il carico limite di allungamento totale $F_{t(0,....)}$ e l'area della sezione iniziale S_0 della provetta. Il numero a pedice indica la percentuale prescritta della lunghezza iniziale tra i riferimenti della provetta (es. 0,5)

$$R_{t(0,...)} = F_{t(0,...)} / S_0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

R_t – DETERMINAZIONE DEL CARICO UNITARIO LIMITE DI ALLUNGAMENTO TOTALE

Il carico $F_{t(0, \dots)}$ è quello al quale corrisponde un allungamento totale (elastico+plastico) pari ad una percentuale prescritta della lunghezza iniziale L_0 tra i riferimenti della provetta; viene determinato sul diagramma carichi-allungamenti dalla sua intersezione con una retta parallela all'asse delle ordinate posta ad una distanza da questo corrispondente alla percentuale di allungamento totale prescritta.



RESISTENZA A TRAZIONE (R_m) – CARICO MASSIMO (F_m)

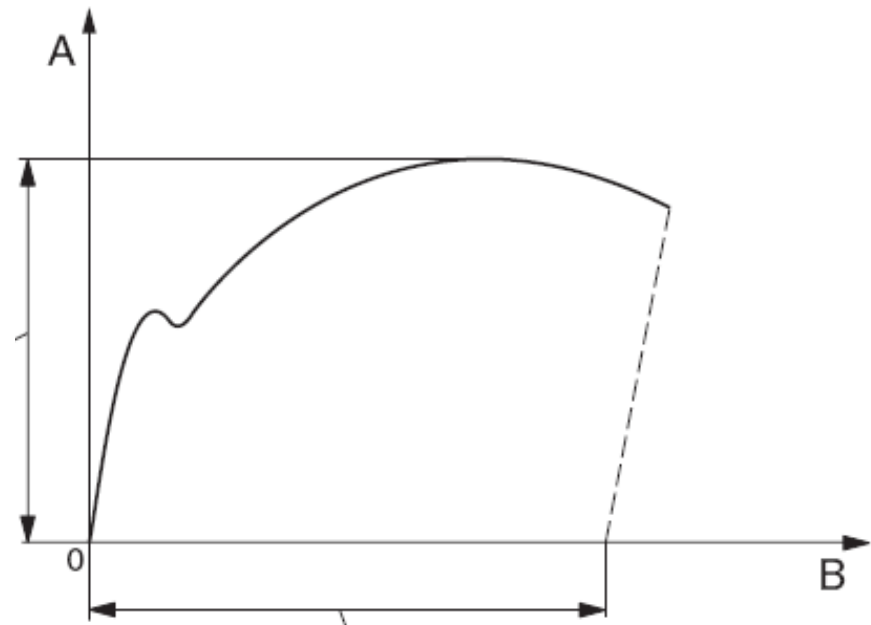
resistenza a trazione (R_m): carico unitario corrispondente al carico massimo di rottura (F_m).

carico massimo (F_m): Carico più elevato sopportato dalla provetta nel corso della prova dopo il superamento del punto di snervamento. Per i materiali senza un punto di snervamento è il valore massimo durante la prova.

Carico massimo (F_m)

Legenda

A Carico unitario
B Allungamento



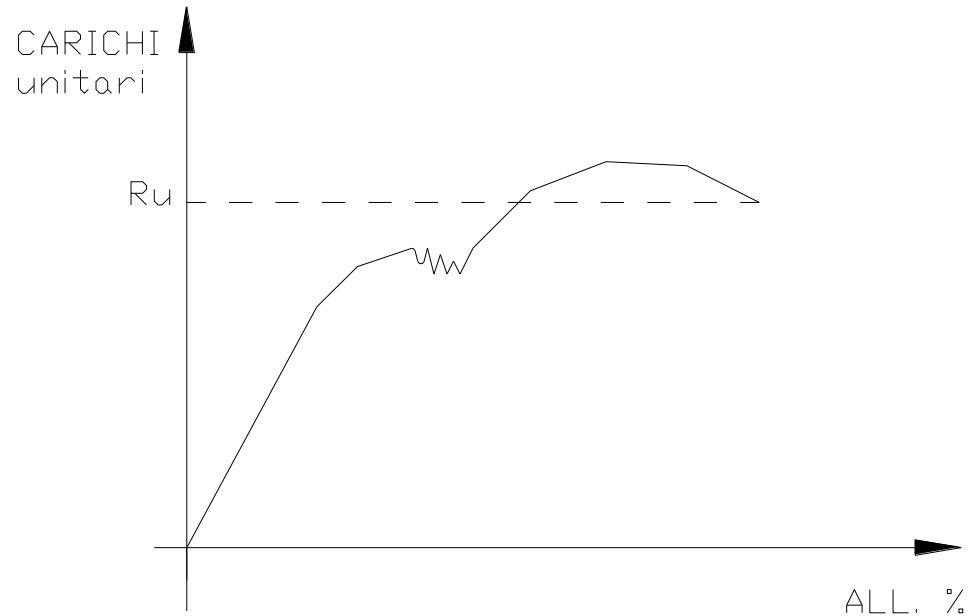
$$R_m = F_m / S_o \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ROTTURA

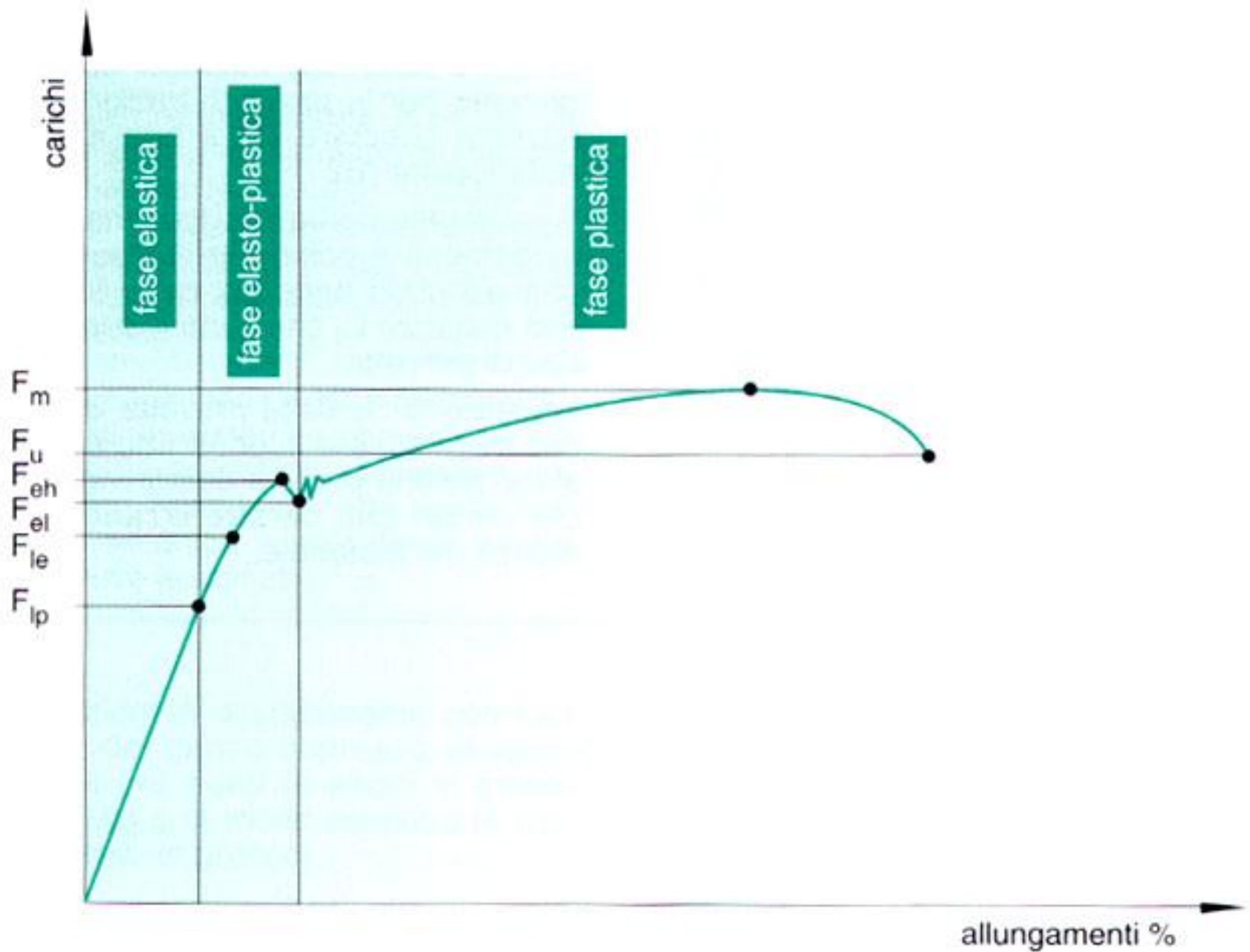
La prova termina quando si ha la separazione totale della provetta in due parti.

Il carico determinato al momento della rottura viene definito come carico ultimo (F_u).

Dal punto di vista tecnologico non assume nessuna importanza



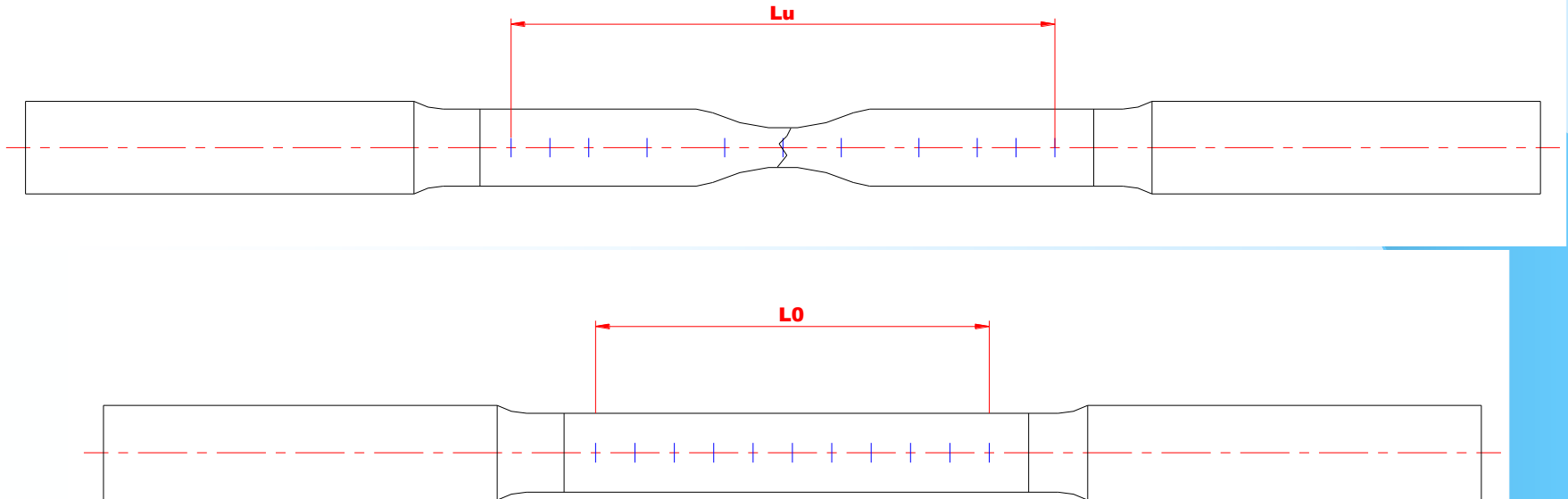
RIEPILOGO CARICHI



ALLUNGAMENTO PERCENTUALE DOPO LA ROTTURA (A)

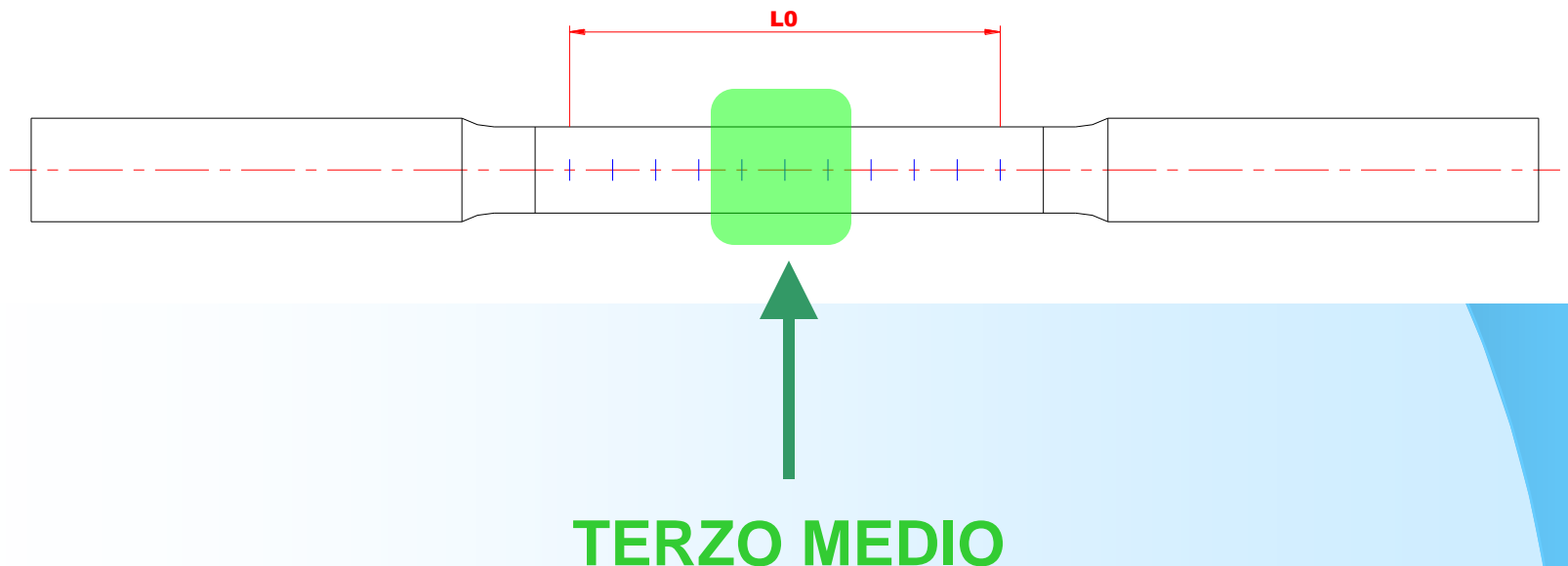
L'allungamento percentuale dopo la rottura è dato dalla differenza tra la lunghezza tra i riferimenti dopo (L_u) e prima (L_0) della rottura ($L_u - L_0$), espresso come percentuale della lunghezza iniziale tra i riferimenti (L_0).

$$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} 100$$



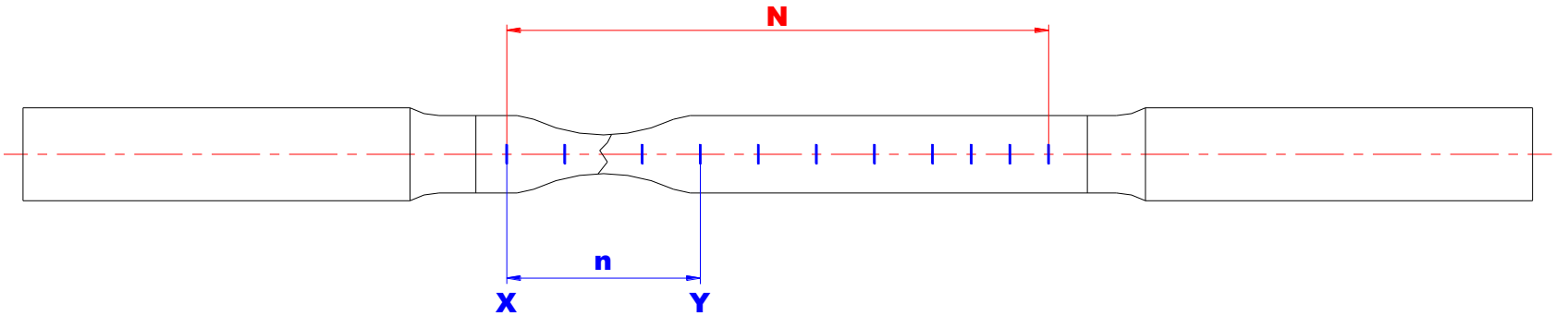
VALIDITÀ DELLA PROVA

In linea di principio QUESTA MISURAZIONE È VALIDA ESCLUSIVAMENTE SE la distanza tra la rottura e il riferimento più vicino non è minore di un terzo della lunghezza iniziale tra i riferimenti (L_0).



ROTTURA ESTERNA AL TERZO MEDIO

Per evitare di dover scartare le provette la cui rottura è avvenuta esternamente al terzo medio, è possibile, mediante accordo, applicare il seguente metodo di misurazione.



Definire

X = riferimento dello spezzone più corto

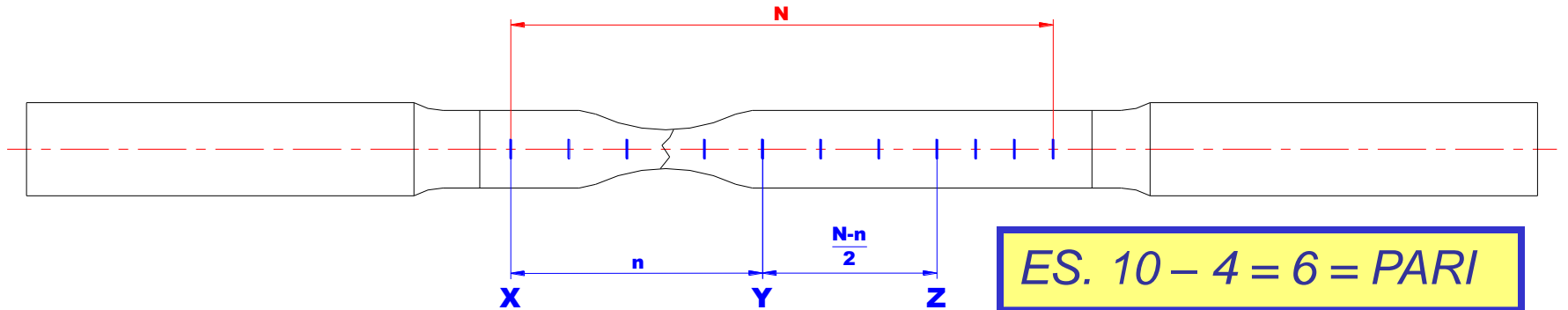
Y = riferimento dello spezzone più lungo, la cui distanza dal punto di rottura è la più prossima a quella tra il punto di rottura ed il riferimento X

N = numero di intervalli in cui è stato suddiviso L_0

n = numero di intervalli fra X ed Y dopo la rottura

ROTTURA ESTERNA AL TERZO MEDIO – INTERVALLI PARI

$$N - n = \text{PARI}$$



Misurare il tratto

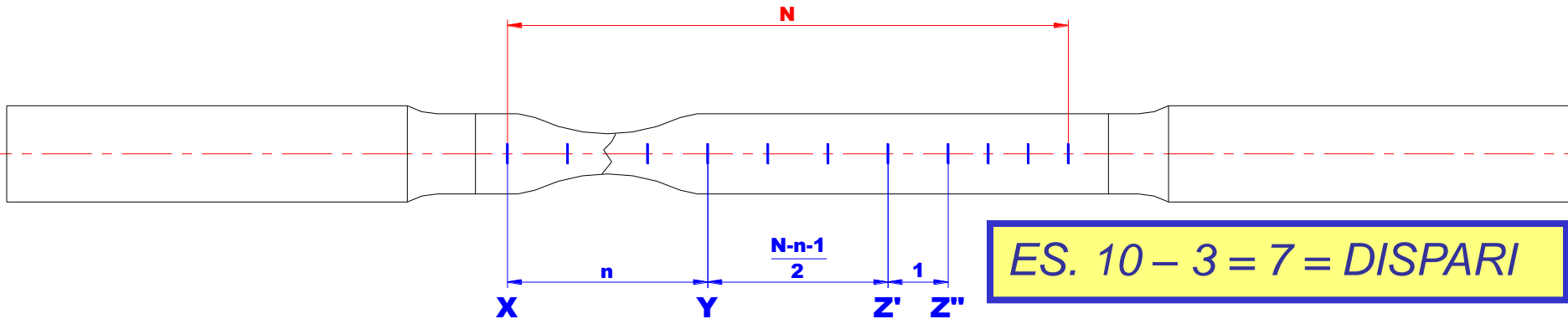
$$YZ = \frac{N - n}{2}$$

L'allungamento in % verrà calcolato con la sottoelencata formula

$$A = \frac{XY + 2YZ - L_0}{L_0} 100$$

ROTTURA ESTERNA AL TERZO MEDIO – INT. DISPARI

$$N - n = \text{DISPARI}$$



$$ES. 10 - 3 = 7 = \text{DISPARI}$$

Misurare i tratti

$$YZ' = \frac{N - n - 1}{2}$$

e

$$YZ'' = \frac{N - n + 1}{2}$$

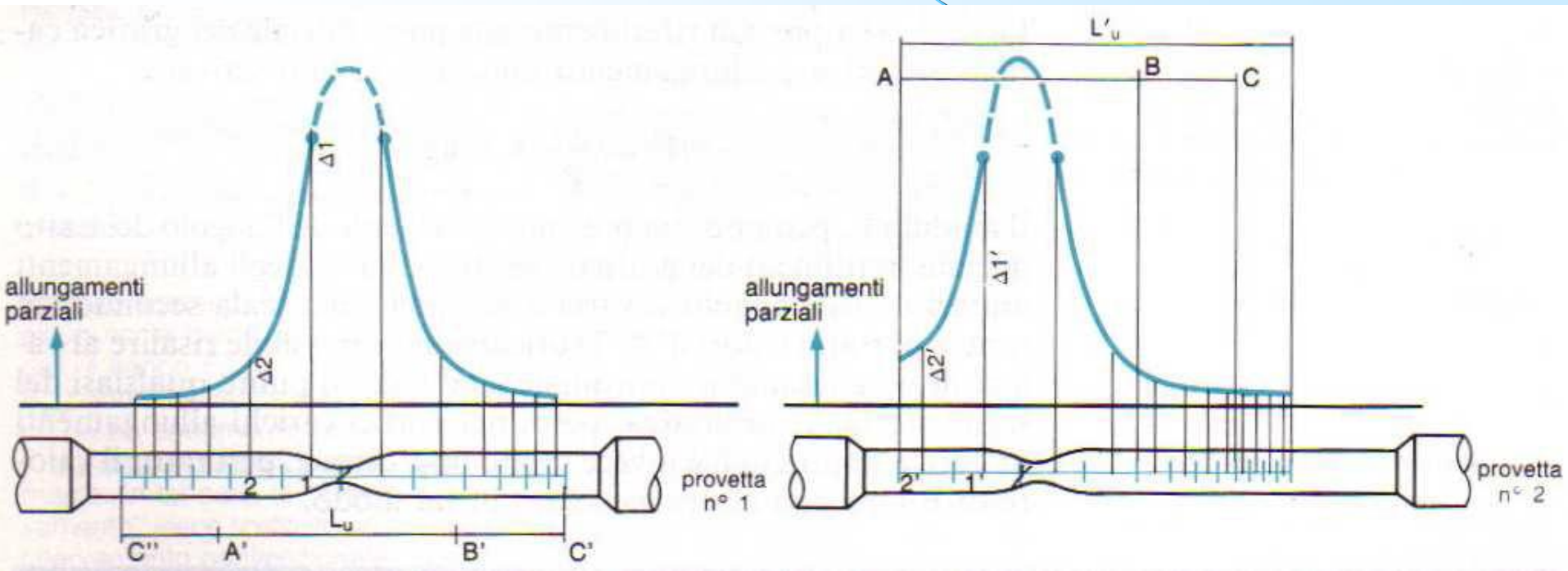
$$YZ' = \frac{10 - 3 - 1}{2} = 3 \text{ intervalli}$$

$$YZ'' = \frac{10 - 3 + 1}{2} = 4 \text{ intervalli}$$

L'allungamento % verrà calcolato con la sottoelencata formula

$$A = \frac{XY + YZ' + YZ'' - L_0}{L_0} 100$$

ALLUNGAMENTO A ROTTURA

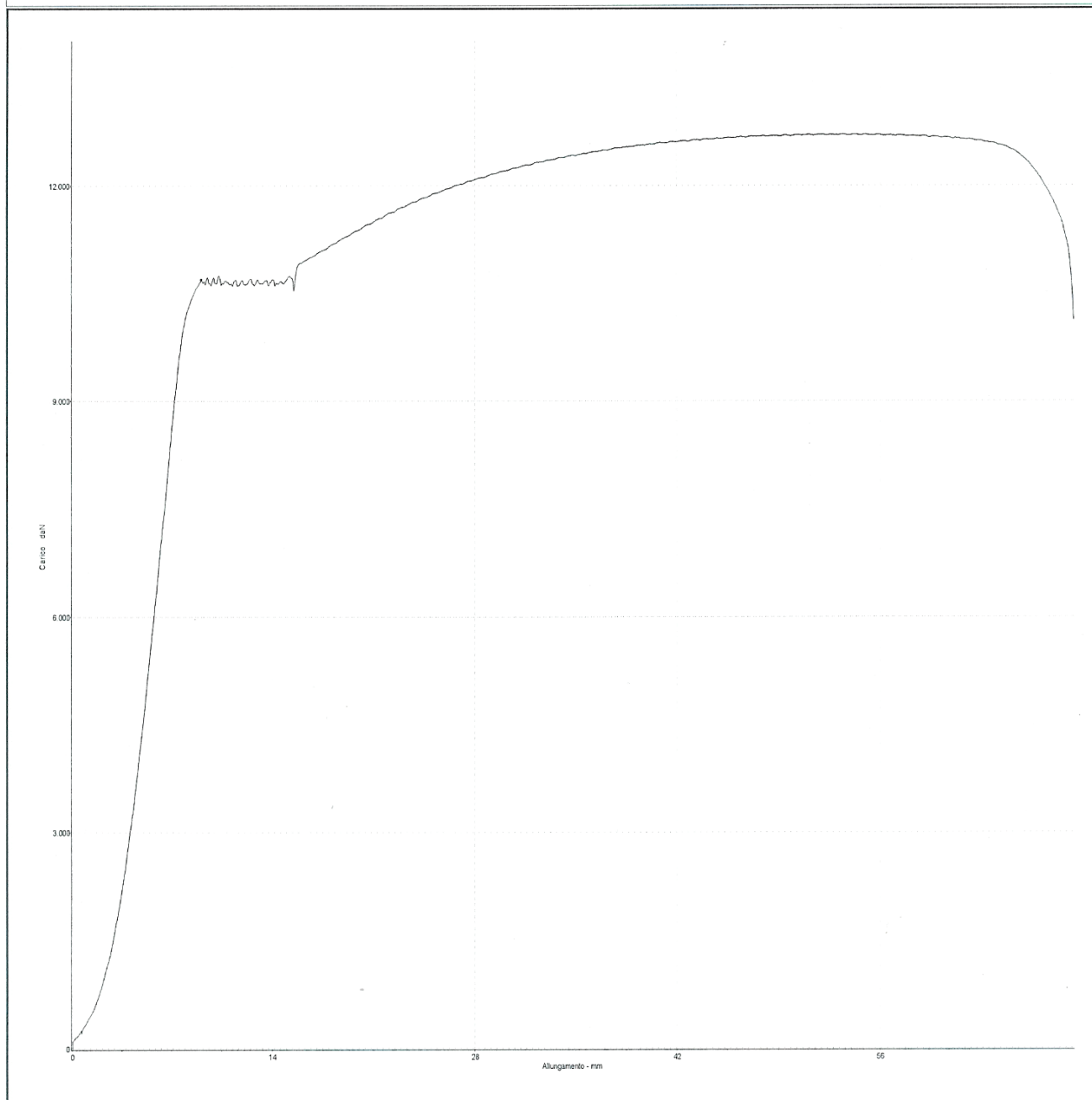


RAPPORTO DI PROVA

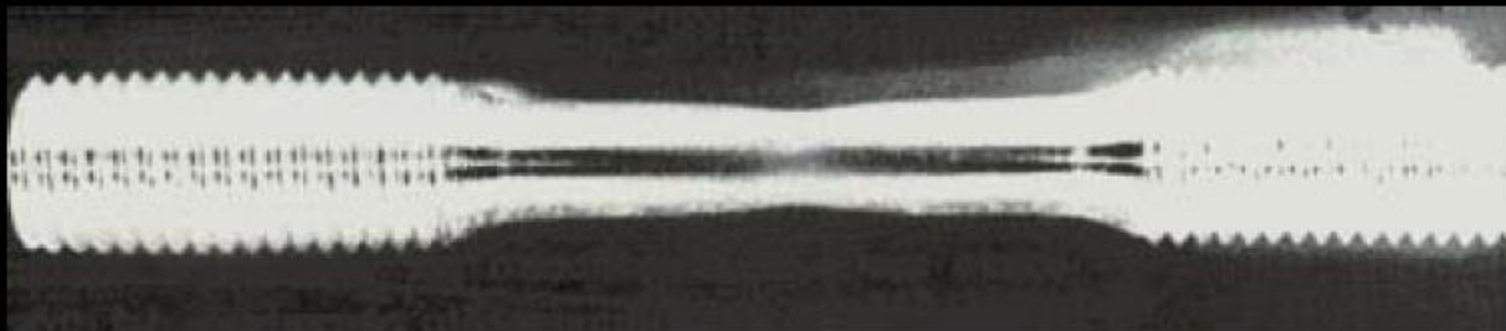
Il rapporto di prova deve contenere almeno le indicazioni seguenti:

- riferimento alla norma: UNI EN ISO6892-1: 2009;
- identificazione della provetta;
- materiale specificato, se noto;
- tipo di provetta;
- posizione e direzione di prelievo delle provette, se note;
- risultati della prova.

Verbale	668	Dimensioni		Sezione	Rp 0		Rp 0,2		Carico Massimo		A	Z
Provino:		mm	gr	mm ²	N/mm ²	kN	N/mm ²	kN	N/mm ²	kN	%	%
02		500	790	201,27	0	0	531,3	106,94	631,8	127,16	-100	



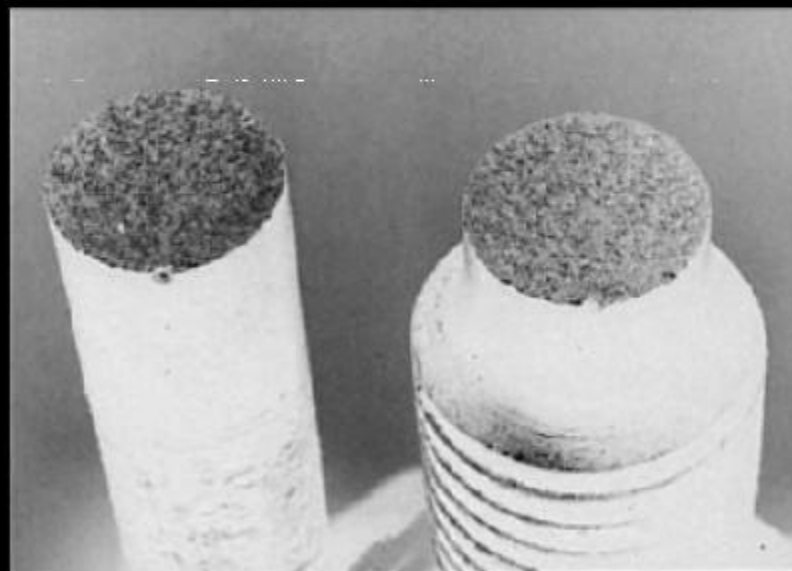
**ESEMPIO DI
PROVA**



Strizione



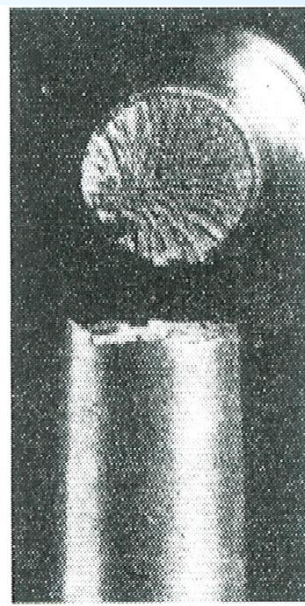
Frattura duttile



Frattura fragile



Frattura a coppa



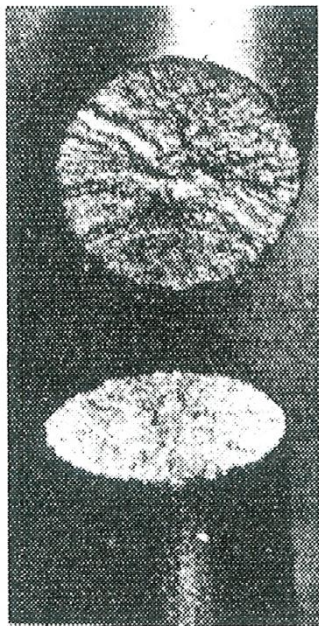
Frattura piatta ad
innescio



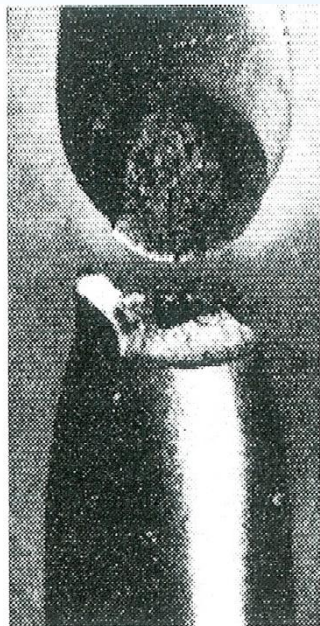
Frattura legnosa



Frattura a fischietto



Frattura piatta



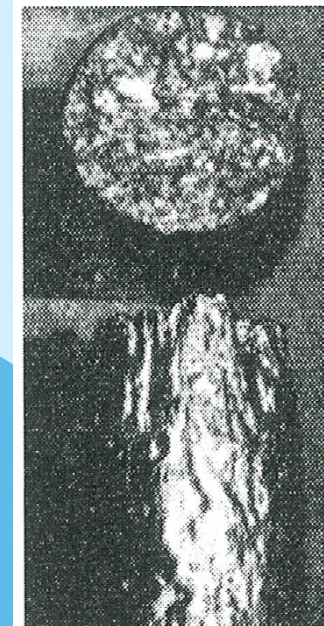
Frattura a
semicoppa



Frattura a raggiera



Frattura a punta



Frattura di provetta
fortemente snervata

FRATTURA DELLE PROVETTE DI TRAZIONE

L'esame delle superfici di frattura dà numerose informazioni circa il tipo materiale

A, B, C sono fratture «a coppa» o «a coppa e cono», con eventuale nervatura nella zona centrale; esse sono caratteristiche di acciai semiduri bonificati, pertanto molto tenaci in quanto assai plastici, omogenei ed isotropi.

D è una frattura «legnosa», conseguente alla rilevante presenza di inclusioni non metalliche in provette prelevate «sul trasverso».

E è una frattura «a fischiello» o «a becco di flauto», caratteristica di materiali dolci o semiduri, poco isotropi e con cristallizzazione grossolana.

F è una frattura con numerosi «becchi di flauto», caratteristica di materiali dolci o semiduri disomogenei o difettosi (per soffiature o altro).

G è una frattura «piana a gradini», caratteristica di materiali duri, poco isotropi e con notevole contenuto di inclusioni.

H è una frattura «piana», caratteristica di materiali duri, fortemente anisotropi con grana grossolana.

I è una frattura «piana», caratteristica di materiali duri, fortemente isotropi con grana fine.

K è una frattura «a denti di fresa», caratteristica di materiali duri, tenaci come gli acciai speciali da costruzione bonificati.



A



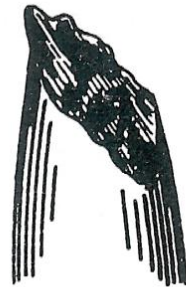
B



C



D



E



F



G



H, I



K

- A. Frattura a coppa
- B. Frattura a semicoppa
- C. Frattura a raggiera
- D. Frattura legnosa
- E. Frattura a fischietto
- F. Frattura con più fischietti
- G. Frattura piana a gradini
- H. I. Frattura piana
- K. Frattura a denti di fresa

A large, stylized blue shape that starts as a thin line on the left and curves downwards and to the right, filling the bottom right corner of the slide. It has a gradient from light blue to a darker blue.

FINE