

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale

Resistenza statica e a fatica di giunzioni saldate in alluminio secondo Eurocodice 9

Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Laureando: Alex Trovò
Matricola: 2000096

Padova, 22/09/2023

Lo **scopo** del lavoro è quello di confrontare i metodi di verifica statica e a fatica di giunzioni saldate in alluminio secondo le principali normative di costruzione adottate in Italia nel corso degli anni.

Le normative studiate e confrontate sono:

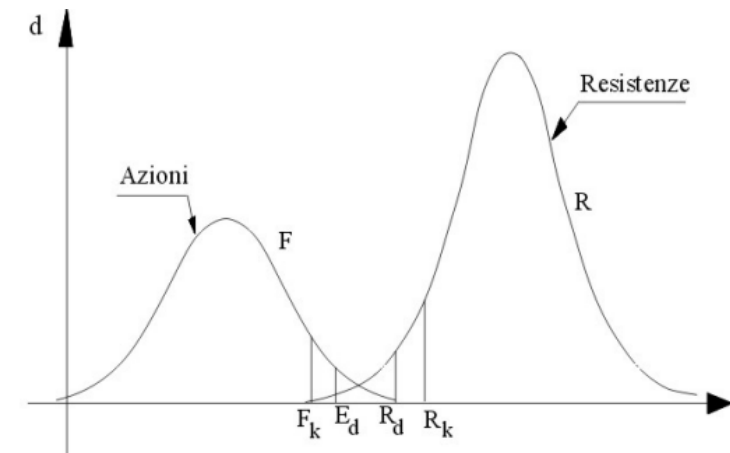
- **UNI 8634** “Strutture di leghe di alluminio: istruzioni per il calcolo e l’esecuzione”
- **EN 1999** “Eurocodice 9: Progettazione di strutture in lega di alluminio”
- **CNR – UNI 10011** “Costruzioni in acciaio, istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”

1) Metodo delle tensioni ammissibili \longrightarrow metodo deterministico

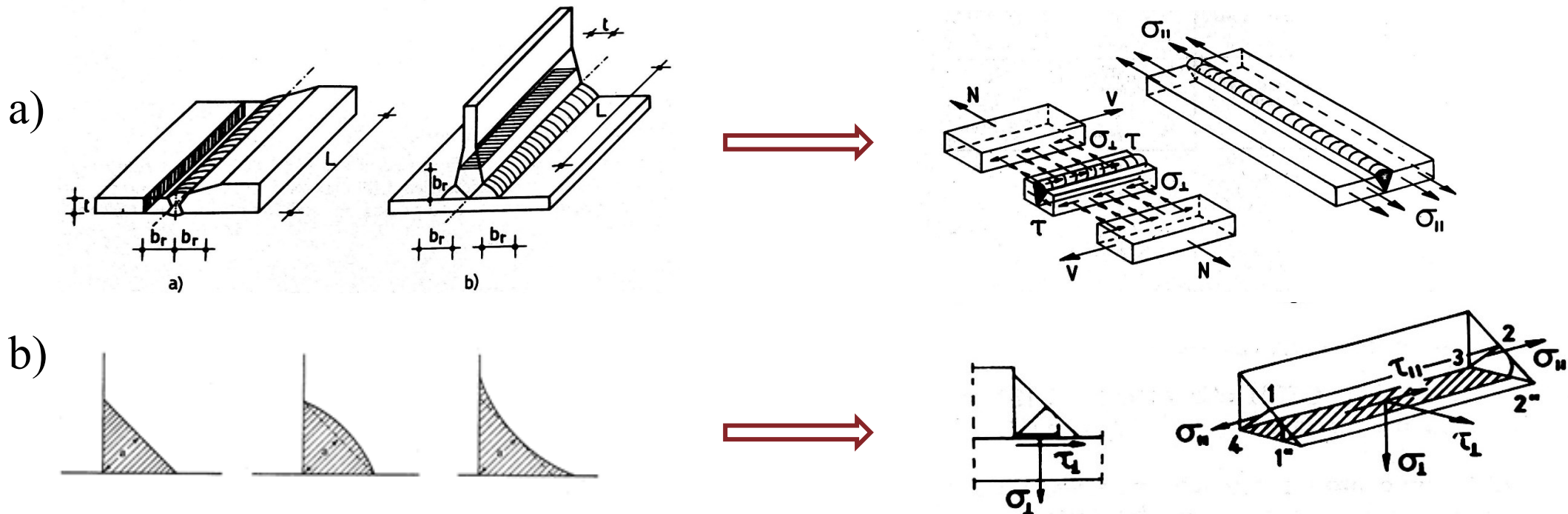
$$\sigma_{id} \leq \sigma_{adm}$$

2) Metodo degli stati limite \longrightarrow metodo semi-probabilistico

$$E_{dj} \leq R_{dj}$$



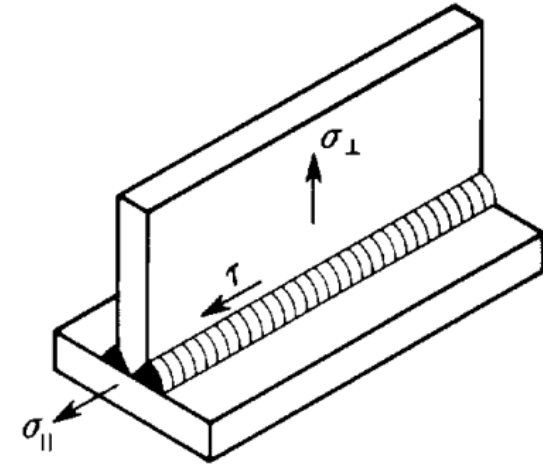
- 1) Calcolo della **resistenza di progetto** $\longrightarrow f_{d,w}$
- 2) Individuazione della **sezione resistente**
- 3) Calcolo dello **stato tensionale** $\longrightarrow \sigma_{\perp}, \tau_{\perp}, \tau_{\parallel}, \sigma_{\parallel}$



4) Esecuzione della verifica

- Giunti testa a testa ed a T a completa penetrazione

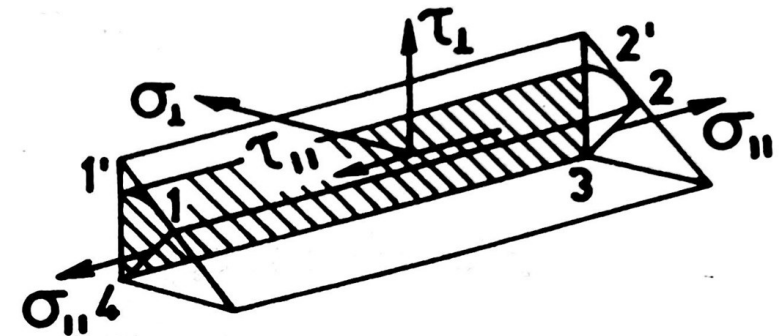
$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2 - \sigma_{\perp}\sigma_{\parallel} + 3\tau^2} \leq \sigma_{adm}$$



- Giunti a cordoni d'angolo

Ad es.: τ_{\perp} e τ_{\parallel} :

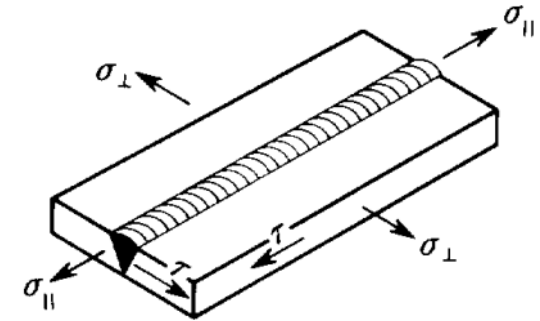
$$\left(\frac{\tau_{\perp}}{\tau_{adm,w}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel}}{\tau_{adm,w}}\right)^2 \leq 1$$



Stessa procedura della UNI 8634, cambiano le relazioni di verifica:

- Giunti testa a testa ed a T a completa penetrazione

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \sigma_{\parallel}^2 - \sigma_{\perp}\sigma_{\parallel} + 3\tau_{\parallel}^2} \leq \sigma_{adm}$$

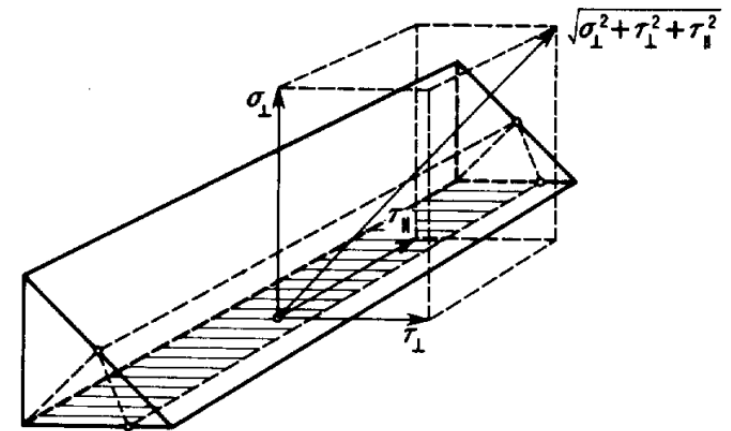


- Giunti a cordoni d'angolo

Ad es.: caso $\sigma_{\perp}, \tau_{\perp}$ e τ_{\parallel} :

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + \tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2} \leq \begin{cases} 0,85 \cdot \sigma_{adm} & \text{per Fe 360} \\ 0,70 \cdot \sigma_{adm} & \text{per Fe 430, Fe 410} \end{cases}$$

$$|\tau_{\perp}| + |\sigma_{\perp}| \leq \begin{cases} \sigma_{adm} & \text{per Fe 360} \\ 0,85 \cdot \sigma_{adm} & \text{per Fe 430, Fe 410} \end{cases}$$

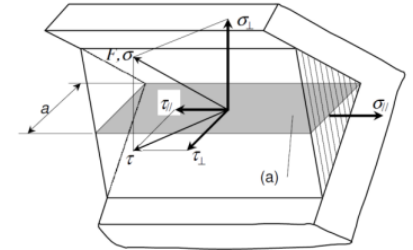


L'EC 9 riporta due verifiche che devono essere soddisfatte contemporaneamente:

1) Verifica della **sezione resistente**:

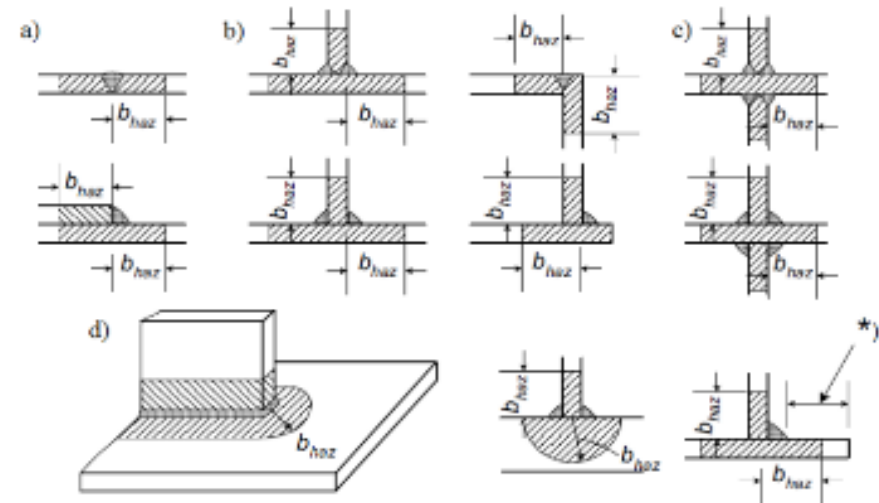
a) metodo direzionale $\longrightarrow \sqrt{\sigma_{\perp Ed}^2 + 3(\tau_{\perp Ed}^2 + \tau_{\parallel Ed}^2)} \leq \frac{f_w}{\gamma_{Mw}}$

b) metodo semplificato $\longrightarrow F_{w,Ed} \leq F_{w,Rd}$



2) Verifica della **HAZ**:

$$\sqrt{\sigma_{haz,Ed}^2 + 3\tau_{haz,Ed}^2} \leq \frac{f_{u,haz}}{\gamma_{Mw}}$$



1) Identificazione della **classe** del particolare strutturale



f (concentrazione delle tensioni)

2) Scelta del **metodo di verifica**

a) metodo diretto

$$|\sigma_{max}| \leq \frac{f_{d,\mu}}{\nu}$$



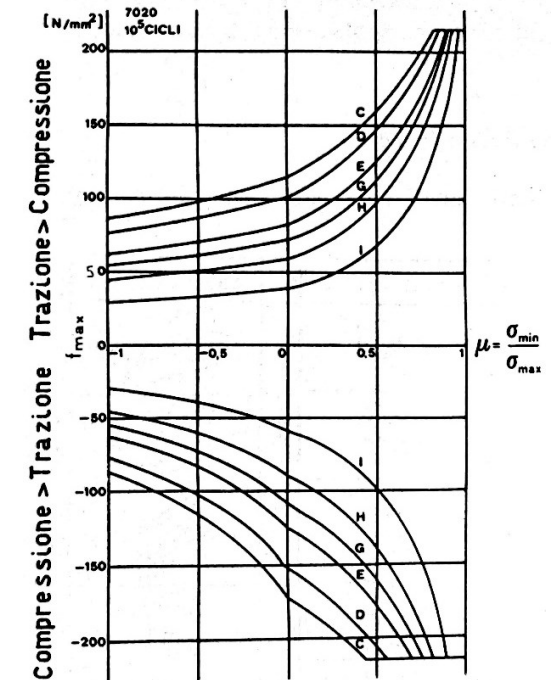
tabelle



diagrammi di Moore



Curva	Tipo di giunto	Curva	Tipo di giunto
B		F	
C			
D		G	
E			

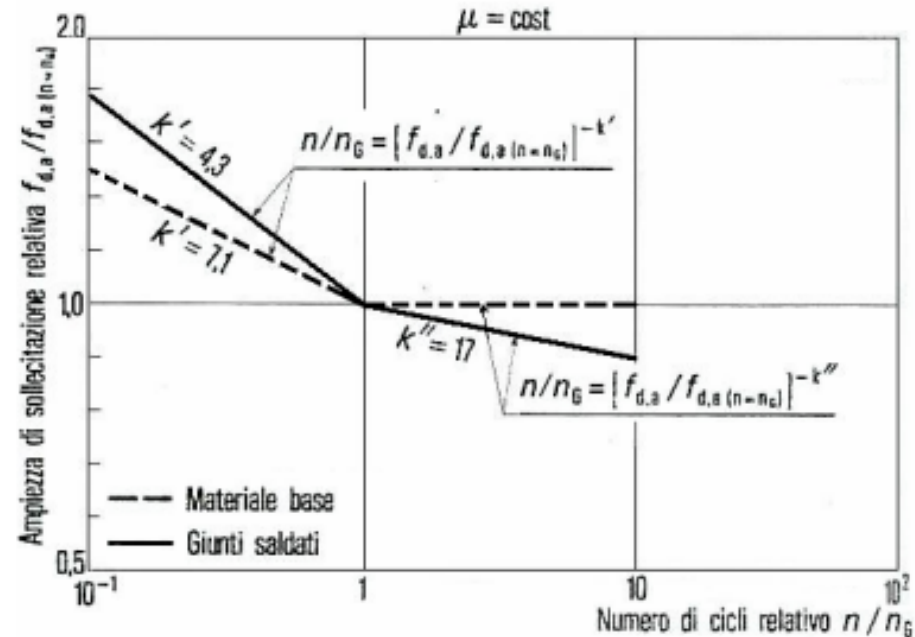


b) metodo generale

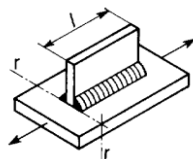
- i. Dati di resistenza da tabelle
- ii. Diagramma di Smith per $\mu \neq 1$
- iii. Costruzione curva di Wöhler
- iv. Verifica **ipotesi di Miner**

$$\sum_{i=1}^n \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

Gruppo	n_G	$n = n_G$ $f_{d,-1}$			f_t			f_a		
		5083	6082	7020	5083	6082	7020	5083	6082	7020
B	$2 \cdot 10^6$	43			255	265	315	110	110	190



1) Classificazione $\Delta\sigma_A$ più ampia e dettagliata

Gruppo II.3 – Particolari saldati – Attacchi vari			
$\Delta\sigma_A$ N/mm^2	Particolare strutturale (rr = sezione di rottura)	Indicazioni	
80		$l \leq 50 \text{ mm}$	Estremità di irrigiditori longitudinali
71		$50 \text{ mm} < l \leq 100 \text{ mm}$	
56		$100 \text{ mm} < l$	

2) Curva di Wöhler

3) Modifica curva di Wöhler $\longrightarrow \Delta\sigma_A^* = f(\text{P.S., dimensioni, trattamenti termici})$

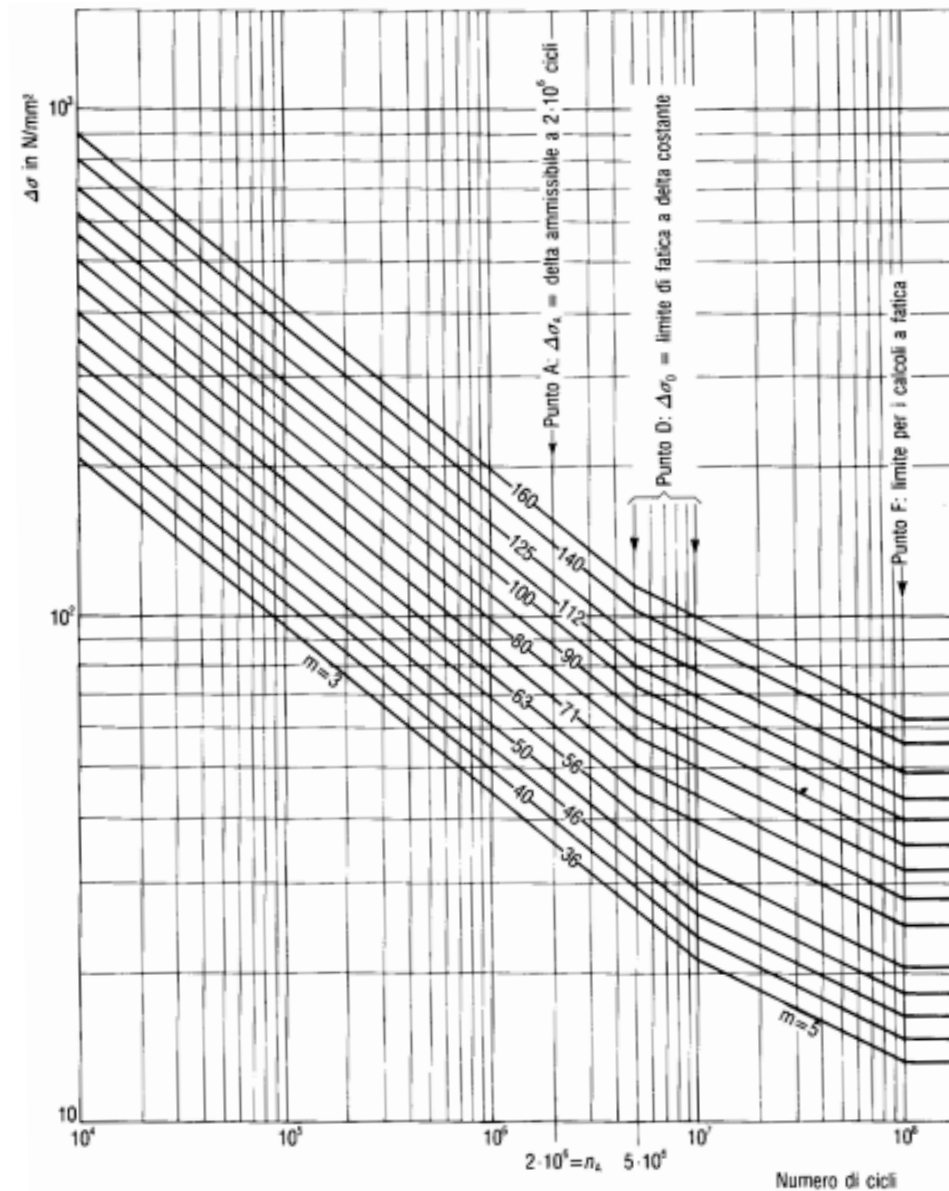
4) Verifica di resistenza a fatica

$\longrightarrow \sum_i \frac{n_i}{n_i^*} \leq 1$

Caratteristiche curva di Wöhler:

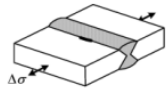
- punti A, D, F
- pendenze costanti
- limiti di fatica

$$\Delta\sigma_i^m \cdot n_i = cost$$



1) Classificazione dettaglio costruttivo:

- direzione della tensione
- punto d'innescio della cricca
- disposizione geometrica e dimensione

N° di riferimento del dettaglio	Classe del dettaglio costruttivo $\Delta\sigma - m_1$	Dettaglio costruttivo Punto d'innescio	Tipo di saldatura	Parti collegate	Analisi delle tensioni	Requisiti di esecuzione			
						Requisiti di saldatura	Livello di qualità ^a		Addizionale
							Interna	Superficie e geometria	
7.2.1	50 - 4,3	 Piede della saldatura	Completa penetrazione su entrambi i lati	Piatti, a sezione piena	Sezione netta	b	B	B	c

a In accordo con la EN ISO 10042:2018.
b Con piastre di estensione e cordoni molati a raso in direzione dello sforzo.
c Angolo del sovrappessore $\geq 150^\circ$ per entrambi i lati della saldatura.

2) Costruzione curva di Wöhler

3) Verifica di resistenza a fatica



$$D_{L,d} = \sum \frac{n_i}{N_i} \leq 1$$

Caratteristiche curva di resistenza a fatica:

- punti C, D, L
- pendenze non costanti

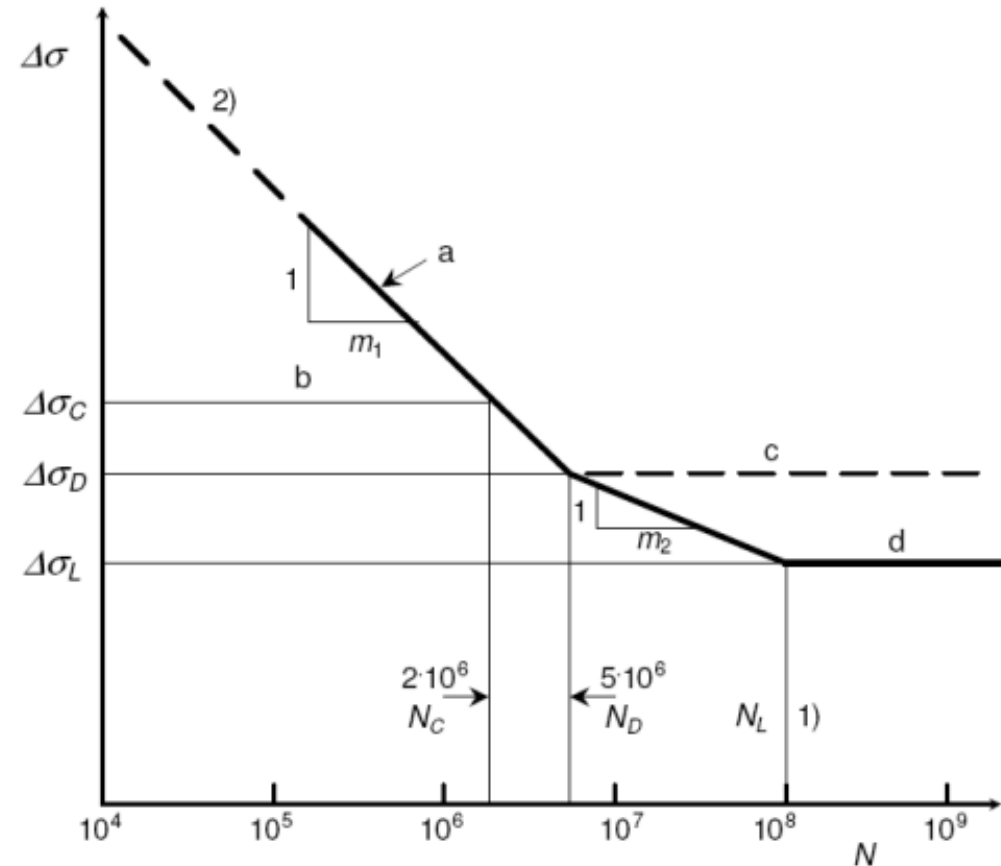


$$m_i = f(\text{classe})$$

- limiti di fatica

$$N_i = (2 \cdot 10^6) \cdot \left(\frac{\Delta\sigma_c}{\Delta\sigma_i \gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf}} \right)^{m_1}$$

$$N_i = (5 \cdot 10^6) \cdot \left(\frac{\Delta\sigma_c}{\Delta\sigma_i \gamma_{Ff} \cdot \gamma_{Mf}} \right)^{m_2} \cdot \left(\frac{2}{5} \right)^{\frac{m_2}{m_1}}$$



	UNI 8634	UNI 10011	EUROCODICE 9
Metodo di verifica	<ul style="list-style-type: none"> • MTA 	<ul style="list-style-type: none"> • MTA • MSL 	<ul style="list-style-type: none"> • MSL
Verifica di resistenza statica	<ul style="list-style-type: none"> • verifica sezione resistente (include verifica HAZ) 	<ul style="list-style-type: none"> • verifica sezione resistente 	<ul style="list-style-type: none"> • verifica sezione resistente • verifica HAZ
Classificazione dettagli costruttivi	<ul style="list-style-type: none"> • concentrazione delle tensioni 	<ul style="list-style-type: none"> • geometria e dimensioni • direzione della tensione 	<ul style="list-style-type: none"> • geometria e dimensioni • direzione della tensione • punto innesco cricca
Caratteristiche curva di Wöhler	<ul style="list-style-type: none"> • pendenza costante • nessun limite di fatica 	<ul style="list-style-type: none"> • pendenza costante • limiti di fatica 	<ul style="list-style-type: none"> • pendenza variabile • limiti di fatica
Parametri d'influenza	<ul style="list-style-type: none"> • classe • materiale • rapporto di sollecitazione 	<ul style="list-style-type: none"> • classe • P.S. • effetto scala • trattamento termico di distensione 	<ul style="list-style-type: none"> • classe • P.S.