

Corso di aggiornamento
Progettazione strutturale e
Norme Tecniche per le Costruzioni

Progetto di aste e collegamenti in acciaio

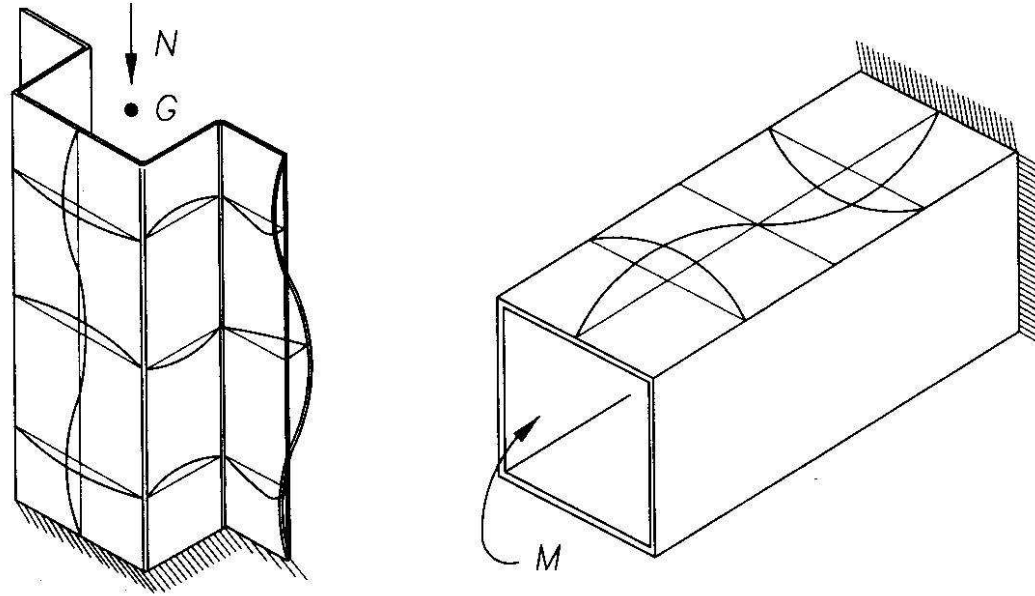
5 - Instabilità locale e classificazione delle sezioni

Spoletto
8-10 novembre 2012
Aurelio Gheresi

Classificazione delle sezioni in acciaio

Instabilità locale (imbozzamento)

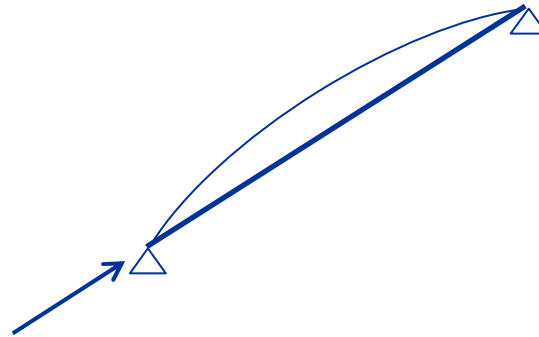
- Interessa le parti compresse della sezione trasversale dell'elemento
- Dimensione delle semionde comparabile con le dimensioni trasversali della sezione



Instabilità locale (imbozzamento)

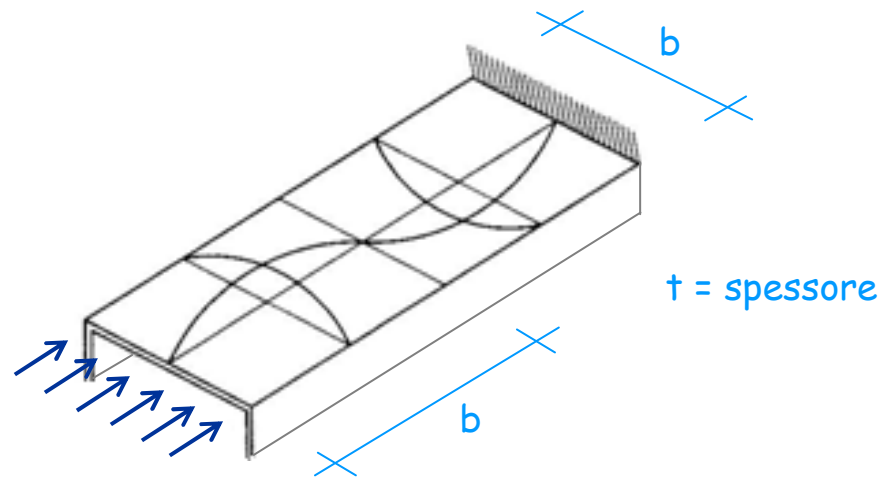
- Asta compressa

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(l_0 / i)^2}$$



- Lastra compressa

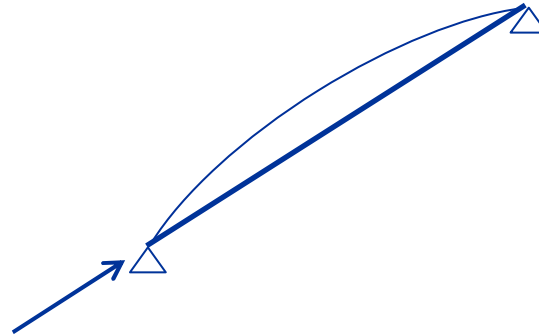
$$\sigma_{cr} = \frac{k \pi^2 E}{12 (1 - \nu^2) (b / t)^2}$$



Comportamento post-critico

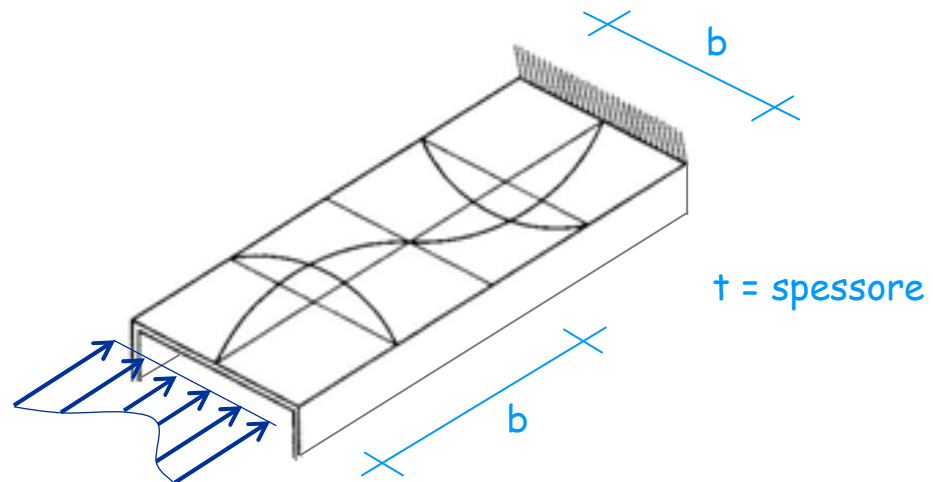
- Asta compressa

la tensione non cresce più



- Lastra compressa

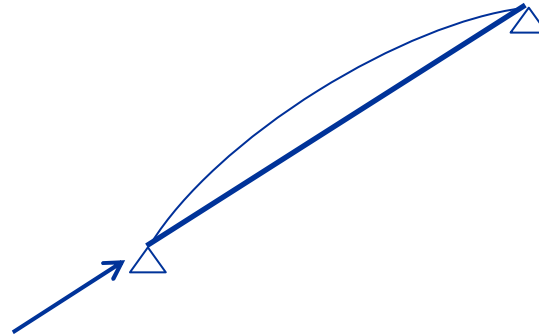
la tensione cresce,
ma in maniera non uniforme



Comportamento post-critico

- Asta compressa

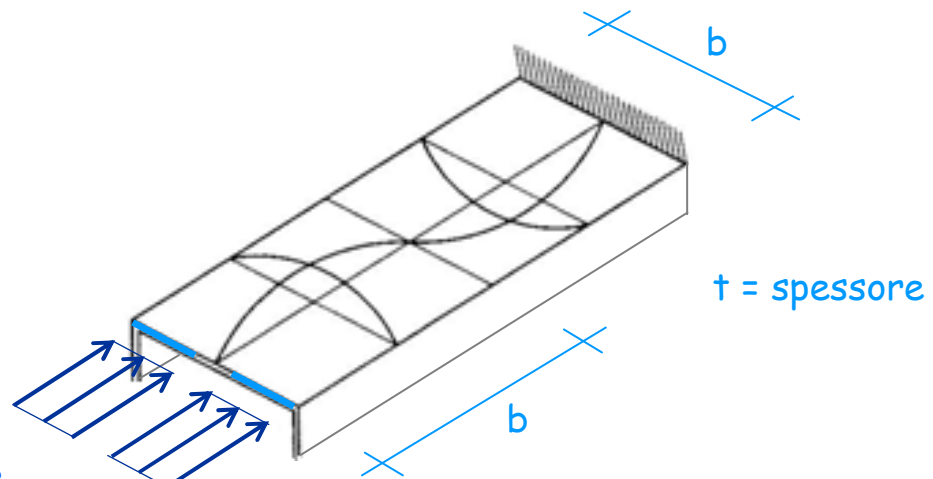
la tensione non cresce più



- Lastra compressa

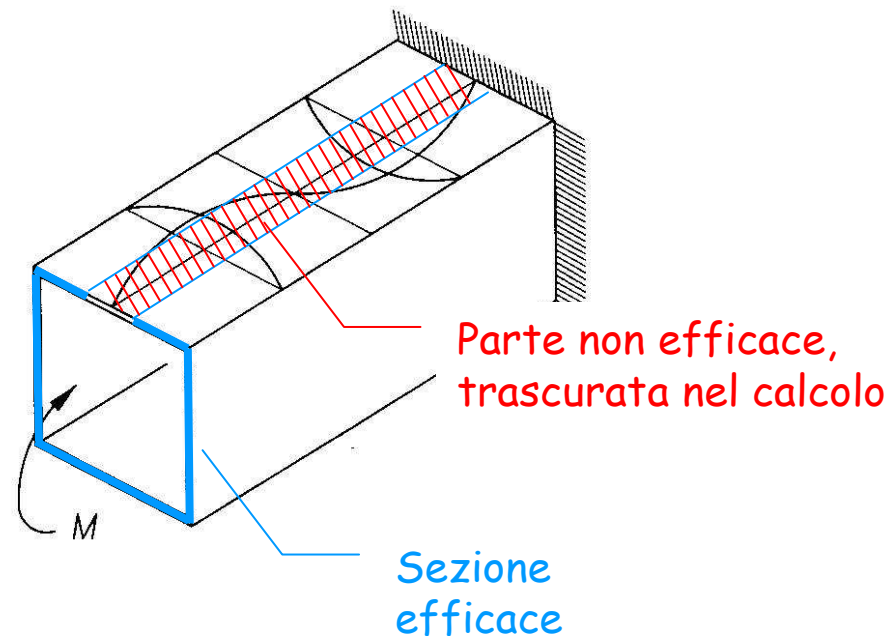
la tensione cresce,
ma in maniera non uniforme

si ipotizza di avere tensione
costante, pari al valore massimo,
per un tratto minore b_{eff} (larghezza efficace)



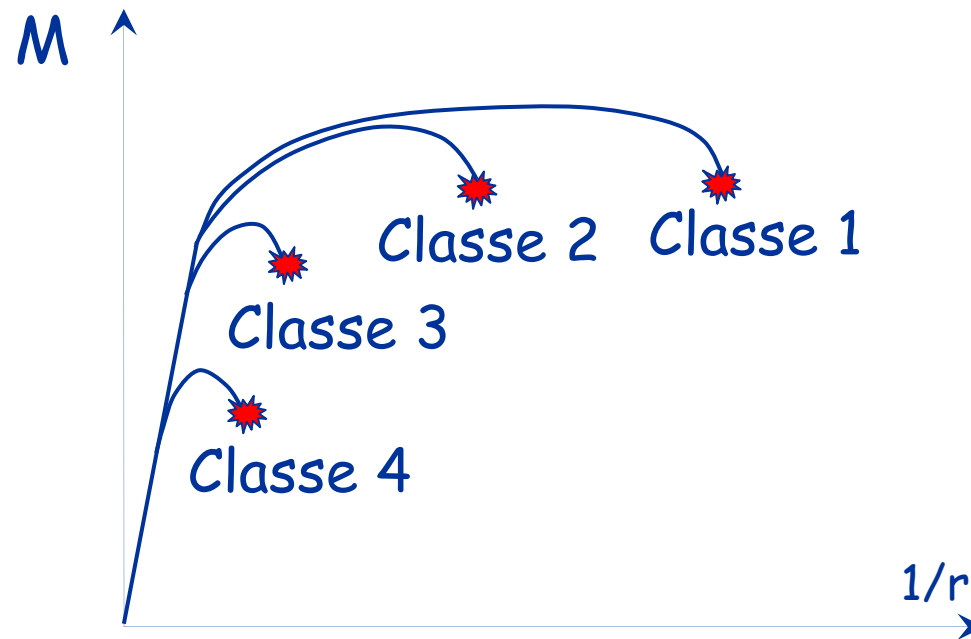
Instabilità locale (imbozzamento)

- Interessa le parti compresse della sezione trasversale dell'elemento
- Dimensione delle semionde comparabile con le dimensioni trasversali della sezione
- Se ne può tener conto considerando efficace solo una parte della sezione compressa
- Ciò può comportare una riduzione della capacità resistente e della duttilità



Classificazione delle sezioni

La classificazione è finalizzata soprattutto alle sezioni inflesse



Classificazione delle sezioni

Resistenza

La classificazione è finalizzata soprattutto alle sezioni inflesse

- **Classe 1 - sezioni compatte**
sezioni in grado di raggiungere il momento plastico
- **Classe 2 - sezioni compatte**
sezioni in grado di raggiungere il momento plastico
- **Classe 3 - sezioni moderatamente snelle**
sezioni in cui si può raggiungere la tensione di snervamento ma l'instabilità impedisce di raggiungere il momento plastico
- **Classe 4 - sezioni snelle**
sezioni in cui l'instabilità avviene prima del raggiungimento della tensione di snervamento

NTC08, punto 4.2.3.1 - EC3-1-1. punto 5.5

Classificazione delle sezioni

Duttilità

Capacità rotazionale: $C_{\vartheta} = \vartheta_r / \vartheta_y - 1$

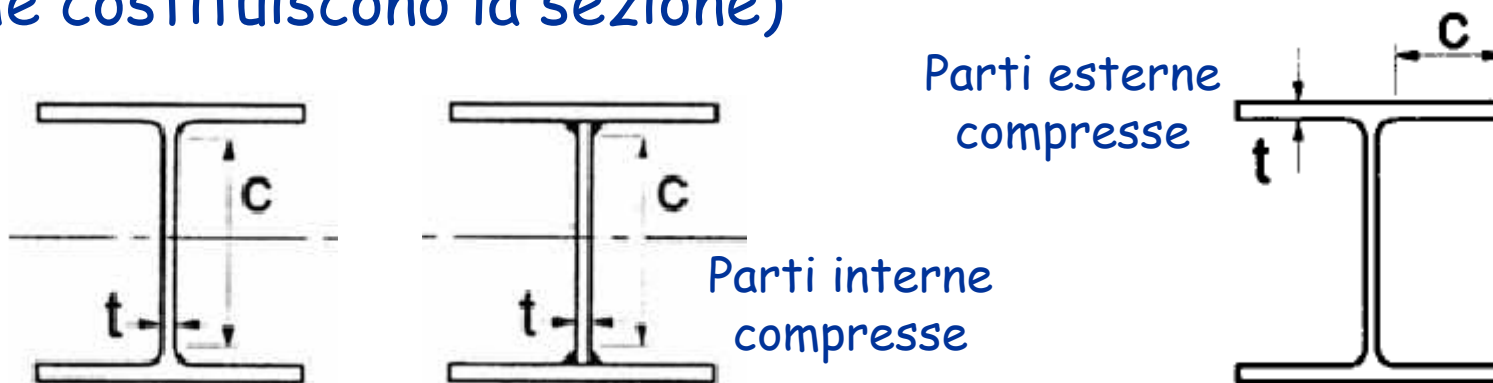
- **Classe 1 - sezioni compatte** $C_{\vartheta} \geq 3$
sezioni in grado di sviluppare una cerniera plastica avente **capacità rotazionale elevata**, senza riduzione di resistenza
- **Classe 2 - sezioni compatte** $C_{\vartheta} \geq 1.5$
sezioni in grado di sviluppare una cerniera plastica con **limitata capacità rotazionale**, senza riduzione di resistenza
- **Classe 3 - sezioni moderatamente snelle**
sezioni in cui si può raggiungere la tensione di snervamento ma l'instabilità impedisce di raggiungere il momento plastico
- **Classe 4 - sezioni snelle**
sezioni in cui l'instabilità avviene prima del raggiungimento della tensione di snervamento

NTC08, punto 4.2.3.1 - EC3-1-1. punto 5.5

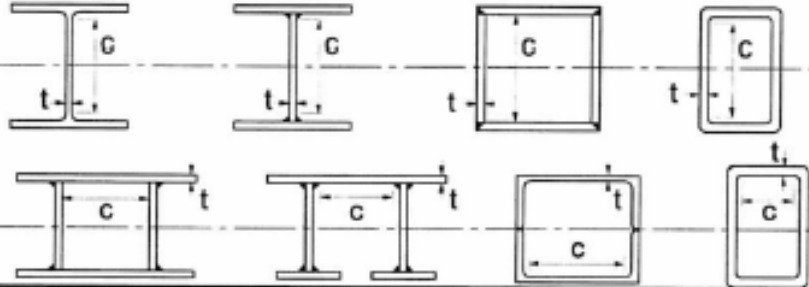
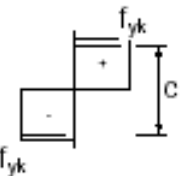
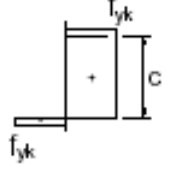
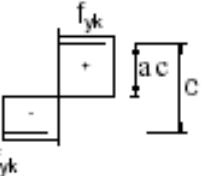
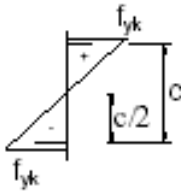
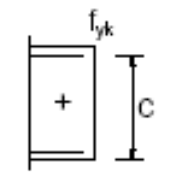
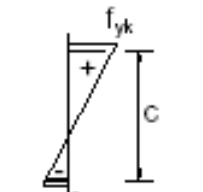
Classificazione delle sezioni

La classificazione è finalizzata soprattutto alle sezioni inflesse

La classificazione viene effettuata sulla base della geometria della sezione
(rapporto c/t tra lunghezza e spessore degli elementi che costituiscono la sezione)

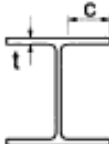
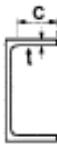
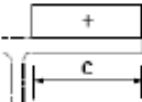
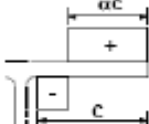
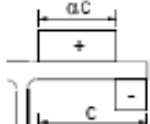
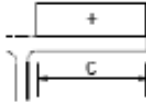
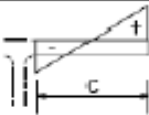
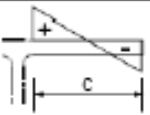


Parti interne compresse

						
Parti interne compresse						
Classe	Parte soggetta a flessione	Parte soggetta a compressione	Parte soggetta a flessione e a compressione			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 72\epsilon$	$c/t \leq 33\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{396\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{36\epsilon}{\alpha}$			
2	$c/t \leq 83\epsilon$	$c/t \leq 38\epsilon$	quando $\alpha > 0,5: c/t \leq \frac{456\epsilon}{13\alpha - 1}$ quando $\alpha \leq 0,5: c/t \leq \frac{41,5\epsilon}{\alpha}$			
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 124\epsilon$	$c/t \leq 42\epsilon$	quando $\psi > -1: c/t \leq \frac{42\epsilon}{0,67 + 0,33\psi}$ quando $\psi \leq -1: c/t \leq 62\epsilon(1 - \psi)\sqrt{(-\psi)}$			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

*) $\psi \leq -1$ si applica se la tensione di compressione $\sigma \leq f_{yk}$ o la deformazione a trazione $\epsilon_y > f_{yk}/E$

Parti esterne comprese

Piattabande esterne						
						
Profilati laminati a caldo			Sezioni saldate			
Classe	Piattabande esterne soggette a compressione		Piattabande esterne soggette a flessione e a compressione			
			Con estremità in compressione		Con estremità in trazione	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
1	$c/t \leq 9\epsilon$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
2	$c/t \leq 10\epsilon$		$c/t \leq \frac{10\epsilon}{\alpha}$		$c/t \leq \frac{9\epsilon}{\alpha\sqrt{\alpha}}$	
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)						
3	$c/t \leq 14\epsilon$		$c/t \leq 21\epsilon\sqrt{k_\sigma}$ Per k_σ vedere EN 1993-1-5			
$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355	420	460
	ϵ	1,00	0,92	0,81	0,75	0,71

Classificazione delle sezioni

Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

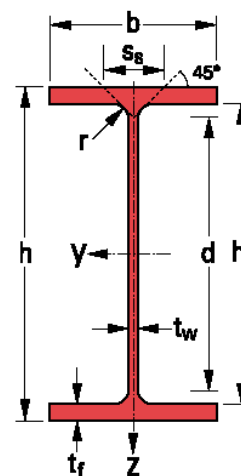
$$h = 230 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$b = 240 \text{ mm}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$



Ala compressa

$$c = \frac{1}{2}(b - t_w - 2r) = 95.25 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 7.94$$

Per acciaio S 235

Classe 1

$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355
	ε	1,00	0,92	0,81

Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 9\varepsilon$ 9
2	$c/t \leq 10\varepsilon$ 10
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
3	$c/t \leq 14\varepsilon$ 14

Classificazione delle sezioni

Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

$$h = 230 \text{ mm}$$

$$b = 240 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

Anima

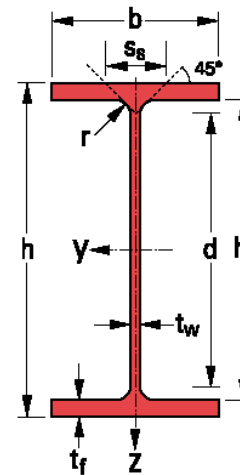
$$c = h - 2 t_f - 2 r = 164 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = 21.9$$

Per acciaio S 235

Classe 1

Il profilo è di Classe 1



Classe	Parte soggetta a flessione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 72\epsilon$ 72
2	$c/t \leq 83\epsilon$ 83
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
3	$c/t \leq 124\epsilon$ 124

$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355
	ϵ	1,00	0,92	0,81

Classificazione delle sezioni

Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

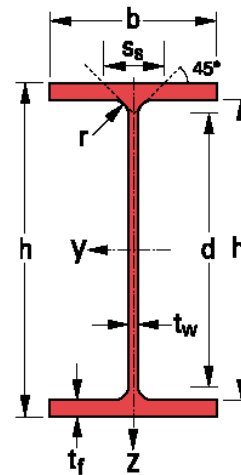
$$b = 240 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$h = 230 \text{ mm}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$



Ala compressa

$$c = \frac{1}{2}(b - t_w - 2r) = 95.25 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_f} = 7.94$$

Per acciaio S 355

Classe 2

$\varepsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355
	ε	1,00	0,92	0,81

Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 9\varepsilon$ 7.32
2	$c/t \leq 10\varepsilon$ 8.14
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
3	$c/t \leq 14\varepsilon$ 11.39

Classificazione delle sezioni

Esempio

- Profilo HE 240 A, soggetto a flessione

$$b = 230 \text{ mm}$$

$$h = 240 \text{ mm}$$

$$r = 21 \text{ mm}$$

$$t_f = 12 \text{ mm}$$

$$t_w = 7.5 \text{ mm}$$

Anima

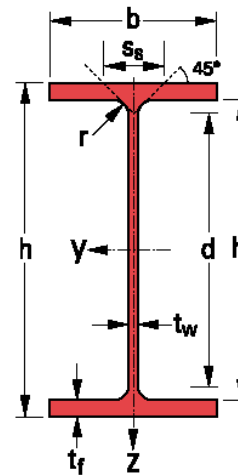
$$c = h - 2 t_f - 2 r = 164 \text{ mm}$$

$$\frac{c}{t_w} = 21.9$$

Per acciaio S 355

Classe 1

Il profilo è di Classe 2



Classe	Parte soggetta a flessione
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
1	$c/t \leq 72\epsilon$ 58.6
2	$c/t \leq 83\epsilon$ 67.5
Distribuzione delle tensioni nelle parti (compressione positiva)	
3	$c/t \leq 124\epsilon$ 100.9

$\epsilon = \sqrt{235/f_{yk}}$	f_{yk}	235	275	355
	ϵ	1,00	0,92	0,81

Classificazione delle sezioni considerazioni (1)

- La maggior parte dei profili sono di classe 1
- Sono di classe superiore alcuni profili alleggeriti (A, AA) o profili in acciaio molto resistente
- I sagomari più recenti riportano la classificazione delle sezioni

Attenzione: vi sono state modifiche alla classificazione - i sagomari potrebbero non essere aggiornati

Désignation Designation Bezeichnung	G kg/m	Classification ENV 1993-1-1					
		pure bending y-y			pure compression		
		S235	S355	S460	S235	S355	S460
HE 100 AA	12.2	1	3	-	1	3	-
HE 100 A	16.7	1	1	-	1	1	-
HE 100 B	20.4	1	1	-	1	1	-
HE 100 M	41.8	1	1	-	1	1	-

Classificazione delle sezioni

considerazioni (2)

- La classificazione è importante per la flessione
 - la distinzione tra classe 1 e 2 riguarda solo la duttilità
 - le classi 3 e 4 hanno resistenza minore rispetto alle classi 1 e 2
- Nel caso di sforzo normale (compressione) le classi 1, 2 e 3 sono equivalenti
 - la classe 4 ha resistenza minore rispetto alle classi 1, 2 e 3
- I profili sottili appartengono alla classe 4; ma per loro ci sono regole specifiche:
Eurocodice 3, parte 1-3