



COMUNE DI VIMODRONE

Provincia di Milano

OPERE DI RISTRUTTURAZIONE E RESTAURO DA REALIZZARE
MEDIANTE UTILIZZO DI TECNICHE A RIDOTTO IMPATTO AMBIENTALE
Via S. Ambrogio 44

VILLA TORRI - LOTTO A

Progettazione Architettonica	Progettazione Strutturale	Progettazione Impiantistica	Coordinatore sicurezza in fase progettuale	Indagine Geologica-Geotecnica
ARCH. ALBERTO CAVANNA Iscr. Albo Milano N.5639 Via GB. Casella, 4 00156 MILANO Tel. 0239261829 arch.cavanna@libero.it	ING. NICOLA LOGIUDICE Iscr. Albo Varese N.859 Via G. Ferrari, 21 21047 SARONNO (VA) Tel. 0296280538 nicola.logiudice@tiscali.it	ING. NICOLA LOGIUDICE Iscr. Albo Varese N.859 Via G. Ferrari, 21 21047 SARONNO (VA) Tel. 0296280538 nicola.logiudice@tiscali.it	ING. NICOLA LOGIUDICE Iscr. Albo Varese N.859 Via G. Ferrari, 21 21047 SARONNO (VA) Tel. 0296280538 nicola.logiudice@tiscali.it	DOTT. GEOL. MARCO CINOTTI Iscr. Albo Lombardia N.1290 AP Sez. A Via Bellini, 32 21052 Busto Arsizio (VA) Tel. 0331025577 studio.geo.logo@gmail.com

Emissione / Revisione	Data	Riferimento Emissione / Revisione
00	Marzo 2021	Emissione bozza di progetto definitivo/esecutivo
01	Luglio 2021	Emissione per validazione progetto definitivo/esecutivo
02	Novembre 2021	Emissione per validazione progetto definitivo/esecutivo revisione 1

Oggetto della presente:

RELAZIONE SUI MATERIALI DELLE STRUTTURE

Tavola

S13

MATERIALI STRUTTURALI

I materiali impiegati per la costruzione sono:

inserire l'elenco dei materiali per esempio

- cemento armato
- acciaio

CEMENTO ARMATO

- **LEGANTI:** I leganti impiegati nell'opera in progetto, sono quelli previsti dalle disposizioni vigenti in materia (Legge 26-05-1965 e norme armonizzate della serie EN 197), dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2. In presenza di ambienti chimicamente aggressivi si fa riferimento ai cementi previsti dalle norme UNI 9156 (cementi resistenti ai solfati) e UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce).
- **AGGREGATI:** La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine. La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a 15 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee, terra e salsedine. Le ghiaie sporche vanno accuratamente lavate. Anche il pietrisco proveniente da rocce compatte, non gessose né gelive, dovrà essere privo di impurità od elementi in decomposizione.
- **AGGIUNTE**
- **ADDITIVI**
- **ACQUA DI IMPASTO:** L'acqua da utilizzare per gli impasti dovrà essere limpida, priva di sali in percentuale dannosa e non aggressiva.

• **CARATTERISTICHE RESISTENTI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

I parametri relativi alle caratteristiche resistenti sono riportati di seguito, secondo la notazione in tabella.

<i>Parametro</i>	<i>Descrizione</i>	<i>simbolo</i>	<i>Correlazioni</i>
Resistenza caratteristica cubica a compressione	valore frattile 5% della distribuzione di resistenza determinata su provini cubici confezionati e conservati secondo la norma EN12390-2, e sottoposti a prova di compressione uniassiale dopo 28 giorni, secondo la norma EN12390-3.	R_{ck}	
Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	valore frattile 5% della distribuzione di resistenza determinata su provini cilindrici, di diametro 150mm ed altezza 300mm.	f_{ck}	$f_{ck}=0.83 R_{ck}$
Resistenza di calcolo cilindrica a compressione		f_{cd}	f_{ck}/γ_c
Resistenza a trazione	Resistenza media a trazione semplice (assiale)	f_{ctm}	
Resistenza caratteristica		f_{ctk}	$f_{ctk} = 0.7 f_{ctm}$
Resistenza a trazione per flessione		f_{ctk}	$f_{ctk} = 1,2 f_{ctk}$
T.A. in esercizio combinazione rara			
T.A. in esercizio combinazione frequente			
T.A. in esercizio combinazione quasi perm.			
Modulo elastico	Viene come funzione della resistenza a rottura media su provino cubico (R_{cm})	E_c	$E_c = 22000 \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$ con $f_{cm}=f_{ck}+8$ (N/mm ²)
Coefficiente di Poisson	viene adottato un valore maggiore di zero (calcestruzzo fessurato) e minore di 0.2 (non fessurato)	ν_c	$0 < \nu_c < 0.2$
Coefficiente di dilatazione termica	In fase di progettazione viene assunto il valore riportato nella presente tabella	α_c	

Parti in calcestruzzo armato		
Classe calcestruzzo		Classe R_{cm} 300 Kg/cm ²
Resistenza cubica media R_{cm}	kg/cm ²	300
Resistenza di calcolo per verifiche duttili f_{cd}	kg/cm ²	176
Resistenza di calcolo per verifiche fragili f_{fd}	kg/cm ²	118
Resistenza a trazione di calcolo per verifiche duttili f_{ctd}	kg/cm ²	17

Resistenza a trazione di calcolo per verifiche fragilifctd_f	kg/cmq	11
Resistenza cilindrica fck	kg/cmq	249
Resistenza a trazione mediafctm	kg/cmq	29
Classe acciaio		Acciaio (fym=4500Kg/cmq)
Resistenza allo snervamento fyk	kg/cmq	>=3200
Resistenza alla rottura ftk	kg/cmq	>=3840
Classe calcestruzzo		Cls Rcm300Kg/cmq
Resistenza cubica media Rcm	kg/cmq	300
Resistenza di calcolo per verifiche duttilifcd_d	kg/cmq	212
Resistenza di calcolo per verifiche fragilifcd_f	kg/cmq	141
Resistenza a trazione di calcolo per verifiche duttilifctd_d	kg/cmq	20
Resistenza a trazione di calcolo per verifiche fragilifctd_f	kg/cmq	14
Resistenza cilindrica fck	kg/cmq	249
Resistenza a trazione mediafctm	kg/cmq	29
Classe acciaio		Acciaio (fym=4500Kg/cmq)
Resistenza allo snervamento fyk	kg/cmq	>=4500
Resistenza alla rottura ftk	kg/cmq	>=5400

DOSATURE DEI MATERIALI

La dosatura dei materiali è orientativamente la seguente per m³ d'impasto, salvo la preparazione dei provini:

sabbia	0.4 m ³
ghiaia	0.8 m ³
acqua	120 litri
cemento tipo 425	3.5 q/m ³

ACCIAI PER CEMENTO ARMATO

Le armature metalliche saranno costituite da acciaio saldabile e qualificato secondo le procedure di cui ai punti 11.3.1.2 11.3.2 **D.M. 17.01.2018:**

Tipo acciaio B450C

fv nom = 450 N/mmq – Tensione nominale di snervamento

ft nom = 540 N/mmq – Tensione nominale di rottura

fyk = 450 N/mmq – Tensione caratteristica di snervamento

ftk = 540 N/mmq – Tensione caratteristica di rottura

t aderenza 2.6 N/mmq

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili e pieghe. E' tollerata una ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto. Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

ACCIAI DA CARPENTERIA PER OPERE STRUTTURALI

GENERALITA' SUGLI ACCIAI DA COSTRUZIONE

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili
- qualificati sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili
- accettati dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Qualificazione degli acciai

Tutti i prodotti di acciaio devono essere qualificati all'origine in accordo con la direttiva CEE 89/106 sui prodotti per le costruzioni. In base alla NTC 2018 tutti gli acciai per impiego strutturale da utilizzarsi sul territorio italiano devono essere qualificati. In tal senso la valutazione della conformità del controllo di

produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata:

- Mediante la marcatura CE, ai sensi del DPR n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CEE, quando sia applicabile.
- Attraverso la qualificazione del Servizio Tecnico Centrale, con la procedura indicata nelle NTC 2018 stesse.

I prodotti qualificati sono sottoposti nello stabilimento di produzione ad una serie sistematica di controlli delle caratteristiche fisiche, meccaniche, tecnologiche e, ove previsto, chimiche. Ciascun prodotto qualificato deve essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile. Non sono ammessi alla qualificazione prodotti ottenuti da laminazioni di rottame o di materiale deviato da altri impieghi. Trasformatori intermedi (officine di carpenteria) devono approvvigionarsi di prodotti qualificati all'origine. È opportuno che il direttore dei lavori operi in stretto contatto con il trasformatore che, comunque, deve fornire assieme al prodotto la documentazione comprovante la qualificazione del materiale di origine utilizzato. Designazione degli acciai In accordo con la EN 10027 si riporta di seguito una tavola semplificativa della designazione degli acciai con il significato dei relativi simboli. In calce alla tabella è riportato l'esempio di designazione di un acciaio per uso normale (S) ad alta resistenza (355 MPa) con resilienza minima di 27 J alla temperatura di -20°C (J2), calmato (G2) e formato a freddo (C).

Gruppo acciaio da costruzione (*)	Caratteristiche meccaniche	Resilienza (J) (*)			Caratteristiche fisiche	
S : acciai normali P : uso in pressione	Carico unitario di snervamento Re min in N/mm ²	min 27 J	min 40 J	Temp °C	Gruppo 1	Gruppo 2
		JR	KR	+20	M : laminazione termomeccanica	C : formatura speciale a freddo
		J0	K0	0	N : laminazione di normalizzazione	D : zincatura
		J2	K2	-20	G1 : effervescente	E : smaltatura
		J3	K3	-30	G2 : calmato	H : alta temperatura
		J4	K4	-40	G3 : stato di fornitura opzionale	L : bassa temperatura (*)
					G4 : stato di fornitura a discrezione del produttore	M : laminazione termomeccanica
						O : offshore
						S : costruzione navale
						T : tubi
						W : resistente alla corrosione atmosferica
S	355	J2			G2	C
(*) per gli acciai utilizzabili per apparecchi in pressione (EN 10028-3 , serie P) la resilienza a varie temperature è definita dalle caratteristiche fisiche : esempio P 355 NL2 acciaio normalizzato KV >= 40 J a -20°C						

Acciaio per strutture antisismiche

L'acciaio costituente le membrature, le saldature ed i bulloni deve essere conforme ai requisiti stabiliti dalle norme europee e dalle NTC 2018. Per le parti dissipative si applicano le seguenti regole aggiuntive:

- Per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f_{tk} (nominale) e la tensione di snervamento f_{yk} (nominale) deve essere maggiore di 1,20 e

l'allungamento a rottura A5, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;

- La tensione di snervamento massima $f_{y,max}$ deve risultare $f_{y,max} \leq 1,2 f_{yk}$;

I collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 8.8 o 10.9

Certificazione e controlli

La certificazione ed il controllo dei materiali da costruzione sono trattati dalle NTC 2018 e le relative Istruzioni di cui alla Circolare Ministeriale n° 7 del 17/01/2019 (di seguito denominata CM 2019) rispettivamente al Cap. 11 ed al Cap. C11. In particolare l'acciaio da costruzione è trattato ai Cap. 11.3.1 e 11.3.4 delle NTC 2018 ed ai corrispondenti punti C11.3.1 e C11.3.4 della CM 2019. Le procedure di controllo per acciai da carpenteria sono trattate al punto 11.3.4.11 delle NTC 2018 mentre la documentazione di accompagnamento è indicata al punto 11.3.1.5 della stessa Norma.

In particolare: *“tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale. L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo. Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso. Il Direttore dei lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore”*.

I controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere eseguiti dal direttore dei lavori effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione di peso massimo 30 t. Per la certificazione ed il controllo dei materiali da costruzione da impiegarsi all'estero si può fare riferimento alla norma europea EN 1090.

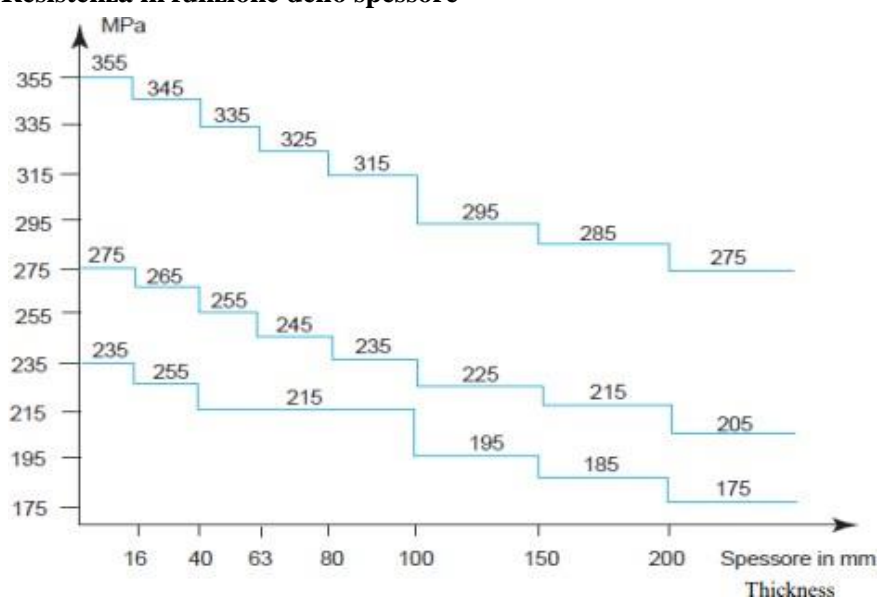
Acciai laminati a caldo

Per la realizzazione di strutture metalliche possono essere utilizzati acciai conformi alle norme armonizzate EN 10025. Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme EN ISO 377; EN 10002-1; EN 10045. I controlli degli acciai laminati per uso generale possono essere eseguiti in base alle prescrizioni di cui al punto 11.3.4.10 delle NTC 2008 per impieghi nazionali. Quando richiesto all'ordinazione può essere eseguito un procedimento di normalizzazione in forno. E' accettabile, in sostituzione di detto trattamento, la laminazione con raffreddamento a temperatura controllata.

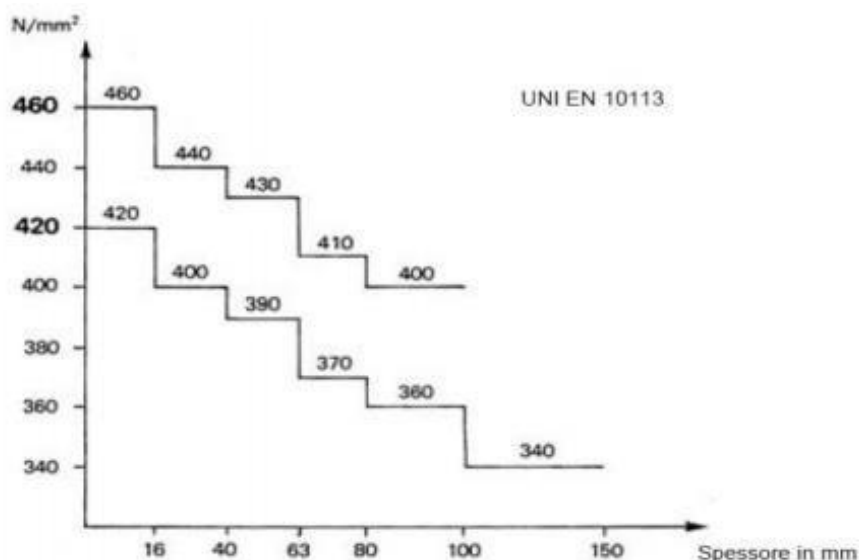
Acciai per profili piegati a freddo

I profilati a freddo sono detti “prodotti laminati derivati” e sono soggetti alle stesse prescrizioni degli acciai laminati a caldo. In accordo con la Norma EN 1993-1-3 gli acciai impiegati nella formatura a freddo avranno spessori grezzi (al netto del rivestimento protettivo) compresi tra 0,45 mm e 15 mm.

Resistenza in funzione dello spessore



La tensione di snervamento degli acciai strutturali varia in funzione dello spessore secondo le indicazioni della norma EN 10025: lo schema di seguito riportato visualizza tale variazione per gli acciai più comuni con classe di resistenza S 235; S 275; S 355.



Per le classi di resistenza S 420; S 460 della EN 10113 il diagramma delle resistenze in funzione dello spessore è riportato a lato.

STRUTTURE COMPOSTE SALDATE

Saldabilità

La saldatura degli acciai può essere eseguita con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma EN ISO 4063. Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30. Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa ed in zona termicamente alterata non inferiore a quella del materiale base. In presenza di tenori di carbonio $C > 0,22\%$, di carbonio equivalente $> 0,41$ e di spessori ≥ 40 mm, sono richieste precauzioni speciali per effettuare la saldatura, particolarmente per quanto riguarda il tenore di idrogeno del metallo fuso, la temperatura di pre-riscaldamento e le condizioni di apporto termico. Gli acciai per impieghi a basse temperature ($< -20^\circ\text{C}$) non dovranno comunque avere un tenore di zolfo superiore a $0,010\%$.

Accettabilità

Le saldature devono essere sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della Norma EN 12062. Le lamiere destinate a formare elementi strutturali saldati e sottoposti a stati di sollecitazione nei quali sono presenti sforzi di trazione diretti secondo la normale al piano di laminazione, dovrebbero offrire sufficiente uniformità di proprietà meccaniche attraverso lo spessore. Per tali lamiere con spessore ≥ 25 mm destinate alle strutture saldate può essere richiesta la rispondenza ai requisiti della classe A della Norma EN 12062 comprovata mediante certificato U.S.

Esecuzione delle saldature

Nella esecuzione delle saldature si potrà fare riferimento alle norme EN 1090 (sez. 7), EN 1011 e, per la preparazione dei lembi, alla norma EN ISO 9692-1. I materiali di saldatura (materiale d'apporto e mezzi di protezione) devono essere adatti al materiale base.

Fragilità alle basse temperature

La scelta della qualità dell'acciaio e l'eventuale richiesta di ulteriori requisiti particolari dovrebbe essere fatta in modo da evitare fenomeni di rottura fragile o per fatica tenendo conto dei seguenti dati:

- temperatura di esercizio
- spessore della parte strutturale
- caratteristiche e procedimenti di saldatura
- dettagli costruttivi interessati
- tipo di sollecitazione prevista (statica, dinamica, fatica)
- regime di tensione previsto nel calcolo

Per elementi importanti di strutture saldate soggetti a trazione con tensione prossima a quella limite aventi

spessori maggiori di 25 mm e forme tali da produrre sensibili concentrazioni locali di tensioni, la temperatura T alla quale è garantita per l'acciaio una resilienza longitudinale KV di 27 J (EN 10045) dovrebbe essere minore o uguale alla temperatura minima di servizio (Ts). In particolare per la scelta della qualità dell'acciaio strutturale da impiegare a basse temperature possono essere utilizzate le tabelle seguenti dove il grado per gli acciai italiani ed europei è conforme alla qualifica secondo EN 10025 e EN 10028-3.

QUALITA' DELL'ACCIAIO STRUTTURALE ALLE BASSE TEMPERATURE IN FUNZIONE DELLO SPESSORE

Ts (°C)	Spessori (mm)					
	0	10	15	20	25	40 > 40 mm
+30						
+20	JR			JR o JRG2		JR o JRG2 o J0**
+10	JR			JRG2 o J0*	J0	
0	JR		JRG2 o J0*	J0		J0 o J2G3**
-10	JR	JRG2 o J0*	J0 o J2G3*	J2G3 o J2G4		
-20	JRG2 o J0*		J0 o J2G3*	J2G3 o J2G4 o NH***		J2G3 o J2G4 o K2G3 o K2G4**
-30	J0	J0 o J2G3*	J2G3 o K2G3*	J3G3 o K3G3* o NL1***		K3G3
-40	J0 o J2G3*		J2G3 o K2G3*	J4G3 o K4G3* o NL1***		K4G3
-50	J2G3 o J2G4	J2G3 o K2G3*	K2G3 o NL1***		K4G3 o NL2***	altri - others

(*) a seconda dell'importanza dell'elemento strutturale: sono da considerarsi elementi strutturali importanti le colonne, le travi composte-saldate, gli elementi di giunzione (piatti e profilati) soggetti a fatica o a sollecitazioni d'urto

(**) grado superiore per strutture soggette a fatica o a sollecitazioni d'urto e per temperature di servizio prossime al livello inferiore

(***) il grado si riferisce agli acciai della norma EN 10028-3 e per spessori ≤ 40 mm; per questi acciai valgono le prescrizioni riportate nella tabella che segue

EN 10028-3 Tipo di acciaio	Spessore di prodotto	Resilienza longitudinale min. KV (J) Alla temperatura di				
		-50	-40	-20	0	+20
P...N P...NH	≤ 40 mm	-	-	45	65	75
P...NL1		30	40	50	70	80
P...NL2		42	45	55	75	85

La tabella che segue riporta l'equivalenza tra acciai europei e di altre nazioni relativamente alla resilienza dichiarata con riferimento a 3 classi di resistenza nominale e a valori di temperatura compresi tra 0 e -60°C

Temp. Ts (°C)	Norma	CLASSE DI RESISTENZA					
		235		275		355	
		acciaio tipo	resilienza	acciaio tipo	resilienza	acciaio tipo	resilienza
0	UNI EN 10025	S 235J0	27 J / 0°C	S275J0	27 J / 0°C	S355J0	27 J / 0°C
	UNI EN 10028-3			P275N-NH	65 J / 0°C	P355N-NH	65 J / 0°C
	UNI EN 10113			S275N	47 J / 0°C	S355N	47 J / 0°C
	ASTM	A516/65	78 J / 0°C	A662 B-C	54 J / 0°C	A537 cl.1	108 J / 0°C
	GOST	C - 16/Д	64 J / 0°C	09Г2	89 J / 0°C	10Г2С1-14Г2	89 J / 0°C
	JIS	SM 41 B	27 J / 0°C	SM 50 B	27 J / 0°C	SM 53 B	27 J / 0°C
-20	UNI EN 10025	S235J2G3	27 J / -20°C	S275J2G3	27 J / -20°C	S355J2G3	27 J / -20°C
	UNI EN 10028-3			P275N-NH	45 J / -20°C	P355N-NH	45 J / -20°C
	UNI EN 10113			S275N	40 J / -20°C	S355N	40 J / -20°C
	ASTM	A516/65	48 J / -20°C	A662 B-C	41 J / -32°C	A537 cl.1	78 J / -20°C
	GOST	C - 16/Д	34 J / -20°C	09Г2	59 J / -20°C	10Г2С1-14Г2	59 J / -20°C
	JIS	SM 41 C	47 J / 0°C	SM 50 C	47 J / 0°C	SM 53 C	47 J / 0°C
-30	UNI EN 10025					S355K2G3	40 J / -20°C
	UNI EN 10028-3			P275NL1	50 J / -20°C	P355NL1	50 J / -20°C
	UNI EN 10113					S355NL	40 J / -30°C
	ASTM	A516/65	33 J / -30°C	A662 B-C	41 J / -32°C	A537 cl.1	63 J / -30°C
	GOST	C	29 J / -40°C	09Г2	29 J / -40°C	10Г2С1-14Г2	29 J / -40°C
	JIS					SPV 46	47 J / -10°C
-40	UNI EN 10028-3			P275NL1	40 J / -40°C	P355NL1	40 J / -40°C
	UNI EN 10028-3			P275NL2	45 J / -40°C	P355NL2	45 J / -40°C
	UNI EN 10028-4			11MnNi5-3	50 J / -40°C	15NiMn6	60 J / -40°C
	UNI EN 10113					S355NL	31 J / -40°C
	ASTM			A662 B-C	34 J / -40°C	A537 cl.1	48 J / -40°C
	ASTM			A633 A	34 J / -40°C	A612	27 J / -46°C
-50	UNI EN 10028-3			P275NL1	30 J / -50°C	P355NL1	30 J / -50°C
	UNI EN 10028-3			P275NL2	42 J / -50°C	P355NL2	42 J / -50°C
	UNI EN 10028-4			11MnNi5-3	45 J / -50°C	15NiMn6	50 J / -50°C
	UNI EN 10113					S355NL	27 J / -50°C
	ASTM			A633 A	27 J / -51°C	A633 C-E	27 J / -51°C
	ASTM			A662 A	41 J / -50°C	A537 cl.2	27 J / -68°C
-60	UNI EN 10028-3			P275NL2	42 J / -50°C	P355NL2	42 J / -50°C
	UNI EN 10028-4			11MnNi5-3	40 J / -60°C	15NiMn6	50 J / -60°C
	UNI EN 10028-4					12Ni14	50 J / -60°C
	ASTM			A662 A	27 J / -60°C	A537 cl.2	27 J / -68°C
	GOST			09Г2С	29 J / -70°C	10Г2С1	25 J / -70°C
	GOST					10ХСНД	29 J / -70°C

La norma EN 1993-1-10 fornisce indicazioni sulla relazione temperatura-resilienza (Charpy V) dell'acciaio che può essere sintetizzata nel seguente diagramma:

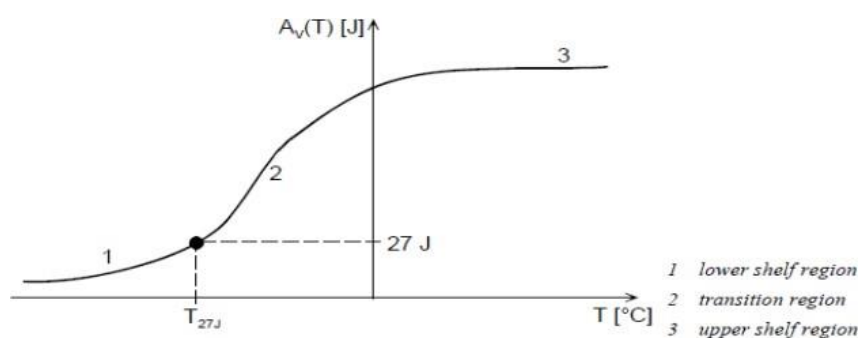


Figure 1.1: Relationship between impact energy and temperature

La stessa norma stabilisce il valore minimo dello spessore di diverse qualità di acciaio in relazione alla temperatura di progetto, al grado di resilienza richiesto e per 3 differenti stati di sollecitazione ovvero:

a) $\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$ [N/mm²]

b) $\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$ [N/mm²]

c) $\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$ [N/mm²]

dove :

$$f_y(t) = f_{y, nom} - 0,25 \frac{t}{t_0} \quad [\text{N/mm}^2]$$

t è lo spessore del piatto; $t_0 = 1$ mm

La tabella seguente, per ogni tipo di acciaio e per diverse temperature, indica lo spessore minimo richiesto degli elementi sollecitati al fine di garantire la resilienza minima pari a 27J

Table 2.1: Maximum permissible values of element thickness t in mm

Steel grade	Sub-grade	Charpy energy CVN		Reference temperature T_{Ed} [°C]																				
		at T [°C]	J_{min}	$\sigma_{Ed} = 0,75 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,50 f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0,25 f_y(t)$						
				10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100

BULLONI

In generale si può fare riferimento alle prescrizioni delle norme europee EN 1090 (sez. 8) ed EN 1993-1-8 [4] e, per applicazioni sul territorio italiano, delle NTC 2008 di cui al punto 11.3.4.6 con le seguenti precisazioni:

- è consigliabile non usare bulloni di grado superiore a 10.9 (EN ISO 898-1) se non in applicazioni particolari definite nei capitolati di appalto.
- i bulloni di classe 10,9 impiegati a basse temperature ($< -20^{\circ}\text{C}$) dovrebbero avere una composizione chimica tale da assicurare una resilienza KCU do almeno 35 J/cm² alla temperatura minima di servizio.
- per le viti ed i dadi si può fare riferimento alla norma EN 14399 parti 3 e 4 mentre per le rosette e piastrine alla stessa norma , parti 5 e 6.
- gli elementi di collegamento impiegati nelle unioni a taglio devono soddisfare i requisiti di cui alla norma EN 15048.