



COMUNE DI CARDITO
Città Metropolitana di Napoli



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



MINISTERO
DELL'INTERNO



PROGETTO ESECUTIVO

Appalto integrato sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica "Smart City Napoli Nord - Piani Urbani Integrati – M5C2 – I.2.2"

CIG 972663946C CUP I45I22000020006 - CUP I45I22000030006

RTI



OPUS COSTRUZIONI S.P.A.
Capogruppo
P.IVA 07201350639
Via Campana 233, Pozzuoli



ARCHIVOLTO SRL
Mandante
P.IVA 07162480631
Via O. P. Cafaro n.4, Napoli

RTP

SAG ARCHITETTURA SRLS
P.IVA 09189081210
Sede legale: Via Posillipo 66, Napoli

MASCOLO INGEGNERIA SRL
P.IVA 08524811216

Sede legale: Via Gramsci 19, Cicciano

ELECTA SRL

P.IVA 04082971211

Sede legale: Via Principe di Piemonte 109, Roccarainola

RUP

Arch. Pasquale Imbema

PROGETTO STRUTTURALE - (Afragola Rione Salicelle)

Relazione sui materiali

DATA EMISS.	Aprile 2024		CODIFICA	AFG.PE.STR.R.002_01
SCALA	FORMATO	A4		

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	APPROVATO DA
03			
02			
01	Integrazione rapporto di validazione	Giugno 2024	
00	Prima emissione	Aprile 2024	



SOMMARIO

INDIVIDUAZIONE DEI MATERIALI DI INTERVENTO	2
CALCESTRUZZO C 25/30	3
CALCESTRUZZO C30/37	5
ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C	7
ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA S275JR	9
GIUNZIONI BULLONATE	11
GIUNZIONI SALDATE	11



INDIVIDUAZIONE DEI MATERIALI DI INTERVENTO

Le opere di fondazione in cemento armato gettate in opera si dovranno realizzare con un conglomerato cementizio del tipo C25/30 essendo la classe di esposizione adottata del tipo XC2.

I calcestruzzi individuati rispettano le indicazioni normative riportate dalle UNI EN 206-1 e UNI 11104, in conformità a quanto indicato dalle NTC al paragrafo 11.2 del D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, mentre per le armature metalliche si impiegheranno barre in acciaio tipo B450C. Per la determinazione delle resistenze di calcolo occorre riferirsi alle NTC al § 11.2.10 per il calcestruzzo ed al § 11.3.2.2 per le caratteristiche dell'acciaio da carpenteria.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme disponibili UNI EN 10080:2005, della serie UNI EN 10025:2005, UNI EN 10210:2006 e UNI EN 10219:2006. Il risultato della Verifica Documentale Preliminare unitamente al risultato della Verifica Ispettiva saranno oggetto di successiva valutazione da parte del Servizio Tecnico Centrale per la necessaria ratifica e Qualificazione del Prodotto.

Le strutture in elevazione saranno invece realizzate in acciaio, con caratteristiche conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN10025, oltre che delle specifiche per le carpenterie in zona sismica. L'acciaio utilizzato per le carpenterie metalliche è del tipo S275. Per la determinazione delle resistenze di calcolo occorre riferirsi al §11.3.4.1 delle NTC:

Si riportano di seguito le caratteristiche sintetiche dei materiali qui individuati.

CALCESTRUZZO C 25/30

Le resistenze caratteristiche a compressione, per la classe di calcestruzzo in oggetto, secondo quanto indicato dal succitato paragrafo delle NTC, sono pari a:

$$f_{ck} = 25 \text{ MPa}$$

$$R_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 25 + 8 = 33 \text{ MPa}$$

mentre le resistenze a trazione semplice ed a flessione valgono rispettivamente:

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 2,56 \text{ MPa}$$

$$f_{cfm} = 1,2 * f_{ctm} = 3,07 \text{ MPa}$$

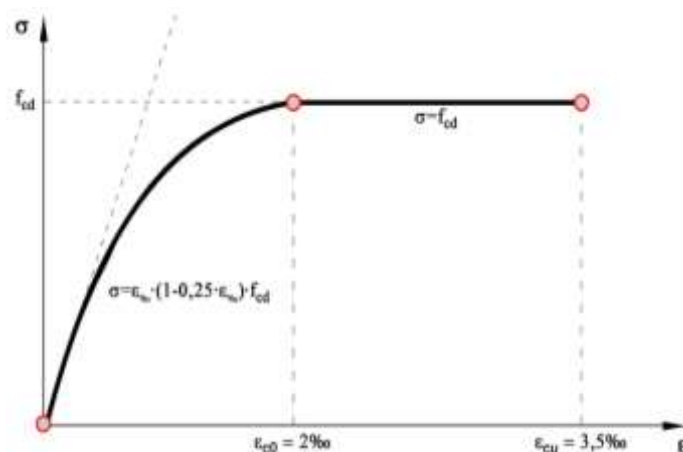
il modulo elastico si assume pari a:

$$E_{cm} = 22000 * \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0,3} = 31476 \text{ MPa}$$

mentre la resistenza di calcolo è infine pari a:

$$f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

Come legame costitutivo del calcestruzzo è stato adottato il diagramma parabola-rettangolo definito da un arco di parabola di secondo grado passante per l'origine, avente asse parallelo a quello delle tensioni, e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni tangente alla parabola nel punto di sommità. Il vertice della parabola ha ascissa -0,002, l'estremità del segmento ha ascissa -0,0035. L'ordinata massima del diagramma è pari a f_{cd} . Si riporta il diagramma in Figura:



Legame costitutivo del Calcestruzzo

Sinteticamente, ai sensi della legge, si prevedono le seguenti caratteristiche:

- Peso specifico

25 kN/m³



- Coefficiente di dilatazione termica	$10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
- Modulo elastico	31476 MPa
- Coefficiente di Poisson	0,10
- Resistenza a compressione caratteristica (cilindrica)	25 MPa
- Resistenza a compressione caratteristica (cubica)	30 MPa
- Resistenza a compressione media (cilindrica)	33 MPa
- Resistenza a compressione di progetto (cilindrica)	14,17 MPa
- Resistenza a trazione semplice (SLD)	2,56 MPa
- Resistenza a trazione per flessione (SLD)	3,07 MPa

Si precisano inoltre per il calcestruzzo le seguenti caratteristiche tecniche, in conformità alle indicazioni della norma europea UNI EN206-1:

Classe di esposizione XC2: ovvero per condizioni ambientali debolmente aggressive, caratteristiche degli elementi in fondazione in condizioni ordinarie, con un rapporto acqua/cemento massimo consentito pari a 0.60, una Rck minima richiesta pari a 30 N/mm², un dosaggio minimo di cemento di 300 kg/m³, e un diametro massimo degli inerti pari a 25 mm;

Classe di consistenza minima S4: ovvero per una classe di lavorabilità del cls determinata da una consistenza fluida, caratterizzata da uno slump compreso nell'intervallo 160-210 mm ed indicato per strutture mediamente armate, in linea quest'ultima con le opere da realizzare.

La dimensione da realizzare dei copriferriferi effettivi si assume pari a 4 cm da filo staffa per le opere in fondazione.

CALCESTRUZZO C30/37

Le resistenze caratteristiche a compressione, per la classe di calcestruzzo in oggetto, secondo quanto indicato dal succitato paragrafo delle NTC, sono pari a:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$R_{ck} = 37 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

mentre le resistenze a trazione semplice ed a flessione valgono rispettivamente:

$$f_{ctm} = 0,3 * f_{ck}^{\frac{2}{3}} = 2,89 \text{ MPa}$$

$$f_{cfm} = 1,2 * f_{ctm} = 3,47 \text{ MPa}$$

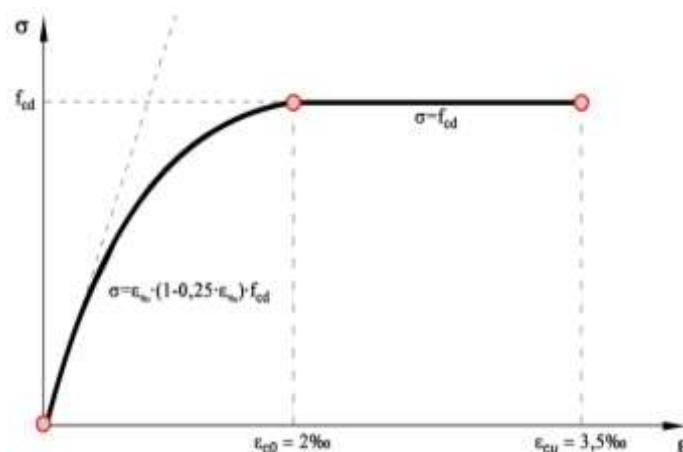
il modulo elastico si assume pari a:

$$E_{cm} = 22000 * \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0,3} = 32836 \text{ MPa}$$

mentre la resistenza di calcolo è infine pari a:

$$f_{cd} = 0,85 * \frac{f_{ck}}{1,5} = 17 \text{ MPa}$$

Come legame costitutivo del calcestruzzo è stato adottato il diagramma parabola-rettangolo definito da un arco di parabola di secondo grado passante per l'origine, avente asse parallelo a quello delle tensioni, e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni tangente alla parabola nel punto di sommità. Il vertice della parabola ha ascissa -0,002, l'estremità del segmento ha ascissa -0,0035. L'ordinata massima del diagramma è pari a f_{cd} . Si riporta il diagramma in Figura:



Legame costitutivo del Calcestruzzo

Sinteticamente, ai sensi della legge, si prevedono le seguenti caratteristiche:

- Peso specifico

25 kN/m³



- Coefficiente di dilatazione termica	10 ⁻⁵ °C ⁻¹
- Modulo elastico	32836 MPa
- Coefficiente di Poisson	0,10
- Resistenza a compressione caratteristica (cilindrica)	30 MPa
- Resistenza a compressione caratteristica (cubica)	37 MPa
- Resistenza a compressione media (cilindrica)	38 MPa
- Resistenza a compressione di progetto (cilindrica)	17 MPa
- Resistenza a trazione semplice (SLD)	2,84 MPa
- Resistenza a trazione per flessione (SLD)	3,47 MPa

Si precisano inoltre per il calcestruzzo le seguenti caratteristiche tecniche, in conformità alle indicazioni della norma europea UNI EN206-1:

Classe di esposizione XC3: ovvero per condizioni ambientali moderate, caratteristiche degli elementi in elevazione in condizioni ordinarie, con un rapporto acqua/cemento massimo consentito pari a 0.55, una Rck minima richiesta pari a 37 N/mm², un dosaggio minimo di cemento di 320 kg/m³, e un diametro massimo degli inerti pari a 15 mm;

Classe di consistenza minima S4: ovvero per una classe di lavorabilità del cls determinata da una consistenza fluida, caratterizzata da uno slump compreso nell'intervallo 160-210 mm ed indicato per strutture mediamente armate, in linea quest'ultima con le opere da realizzare.

La dimensione da realizzare dei copriferriferi effettivi si assume pari a 4 cm da filo staffa per le opere in fondazione.

ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO B450C

L'acciaio dolce utilizzato per le barre d'armature delle opere in c.a. è del tipo B450C, Per la determinazione delle resistenze di calcolo occorre riferirsi al § 11,3,2,1 delle NTC:

$$f_{yk} = 450 \text{ MPa}$$

Per quanto concerne le resistenze di calcolo:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15} = 391,30 \text{ MPa}$$

Il modulo elastico si assume pari a:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

I valori della deformazione caratteristica allo snervamento e quella ultima sono:

$$\varepsilon_{yk} = \frac{f_{yk}}{E_s} = 0,214 \%$$

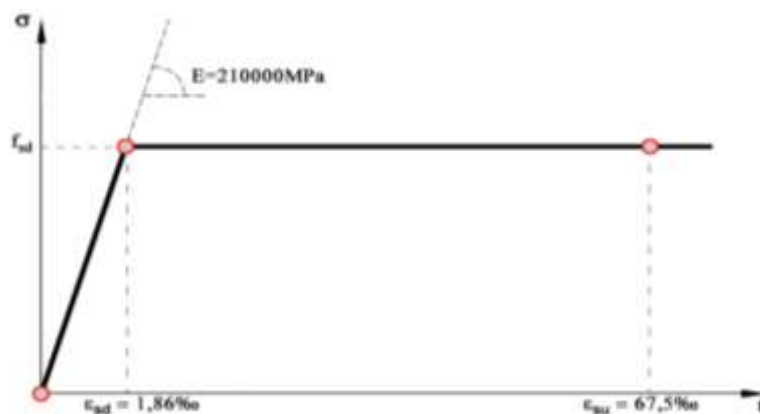
$$\varepsilon_{uk} = 7,50 \%$$

I valori di calcolo della deformazione allo snervamento e quella ultima sono:

$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = 0,186 \%$$

$$\varepsilon_{ud} = 0,9 \cdot \varepsilon_{uk} = 6,75 \%$$

Per l'acciaio si adotta il legame tensioni deformazioni schematizzato con un legame elastico-perfettamente plastico (§ 4,1,2,1,2,3 delle NTC),



Legame costitutivo dell'acciaio

Sinteticamente, ai sensi della legge, si prevedono le seguenti caratteristiche:

- Peso specifico	78,5 kN/m ³
- Coefficiente di dilatazione termica	10 ⁻⁵ °C ⁻¹
- Modulo elastico	210000 MPa
- Coefficiente di Poisson	0,30
- Resistenza a compressione/trazione caratteristica	450 MPa
- Resistenza a compressione/trazione di progetto	391,3 MPa



- Deformazione allo snervamento caratteristica	0,214%
- Deformazione allo snervamento di progetto	0,186%
- Deformazione ultima caratteristica	7,50%
- Deformazione ultima di progetto	6,75%

Si precisa che le attività di sagomatura dovranno essere eseguite con le modalità indicate, ovvero in cantiere sotto la vigilanza della D.L. e/o presso centri di trasformazione provvisti dei requisiti di cui al §11.3.1.7, mentre le attività di assemblaggio si realizzeranno direttamente in cantiere, con le dovute accortezze e in presenza o comunque con la verifica e l'avallo della D.L., per la totalità degli elementi strutturali.

ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA S275JR

Per la determinazione delle resistenze di calcolo occorre riferirsi al § 11.3.2.1 delle NTC:

$$f_{tk} = 430 \text{ MPa}$$

Resistenza di snervamento spessore < 40 mm

$$f_{yk} = 275 \text{ MPa}$$

Per quanto concerne le resistenze di calcolo:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_m} = 262 \text{ MPa}$$

Il modulo elastico si assume pari a:

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

I valori della deformazione allo snervamento e quelle ultime caratteristiche sono

$$\varepsilon_{yk} = f_{yk} / E_s = 0,131 \% \quad \varepsilon_u = 15 * \varepsilon_{yk} = 1,965 \%$$

Il valore della deformazione allo snervamento di progetto è

$$\varepsilon_{yd} = \varepsilon_{yk} / \gamma_m = 0,125 \%$$

Per l'acciaio si adotta il legame tensioni deformazioni schematizzato con un legame elastico-perfettamente plastico (§ 4.1.2.1.2.3 delle N.T.C.), come riportato in figura.

Sinteticamente, ai sensi della legge, si prevedono le seguenti caratteristiche:

Acciaio per carpenterie S275

- Peso specifico 78,5 kN/m³
- Coefficiente di dilatazione termica 10-5 °C⁻¹
- Modulo elastico 210000 MPa
- Coefficiente di Poisson 0,30
- Tensione di rottura 430 MPa
- Tensione di snervamento 275 MPa
- Tensione di progetto 262 Mpa
- Deformazione allo snervamento 0,131%
- Deformazione allo snervamento di progetto 0,125%
- Deformazione ultima 1,965%



Descrizione

E Gamma

Poisson Alfa

Tipo

$f_y(s \leq 40 \text{ mm})$

$f_y(s > 40 \text{ mm})$

$f_u(s \leq 40 \text{ mm})$

$f_u(s > 40 \text{ mm})$

Curva (s ≤ 40mm) (5 punti)

Curva (s > 40mm) (5 punti)

Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Reagenza a compressione

E compressione

Incrudimento compressione

Epsilon compressione elastica

Epsilon compressione ultima

Reagenza a trazione

E trazione

Incrudimento a trazione

Epsilon trazione Elastica

Epsilon trazione ultima

Comportamento fragile

	Epsilon	Sigma
▶ 1	-0.05	-2560.275
2	-0.00121	-2550.03
3	0	0
4	0.00121	2550.03
5	0.05	2560.275

GIUNZIONI BULLONATE

Le giunzioni previste tra i vari elementi saranno tutte del tipo a completo ripristino, a meno dei collegamenti di elementi per cui è prevista la presenza di cerniere alle estremità, e stimate con il criterio della gerarchia delle resistenze, ovvero con il presupposto che entri in crisi prima la sezione degli elementi strutturali e poi il collegamento. L'acciaio utilizzato per le bullonerie strutturali non a serraggio controllato, risponde alle specifiche di cui al punto A del §11.1, sono conformi alle caratteristiche dimensionali di cui alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968, ed appartengono alla classe 8.8 di cui alla Tabella 11.3.XIII.a del D.M. Infrastrutture del 17/01/2018. Per la determinazione delle resistenze di calcolo occorre riferirsi alla Tabella 11.3.XIII.b del D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, e nello specifico in funzione della classe di bulloni individuate si evincono i valori caratteristici delle tensioni di snervamento e di rottura qui riportati:

$$f_{yb} = 640 \text{ MPa}$$

$$f_{tb} = 800 \text{ MPa}$$

Le giunzioni previste saranno del tipo pre-caricate e lavoranti a taglio per attrito, oltre che munite per ogni bullone di idoneo sistema di antisfilamento, pur non essendo la struttura soggetta a fatica in modo significativo, detta prescrizione rientra tra le regole di buona realizzazione in zona sismica. Quindi si riporta la tabella con le coppie di serraggio e sforzi di taglio trasmissibile per attrito dai singoli bulloni di classe 8.8, in funzione del diametro nominale.

Tabella 4.2.XVI – Coppie di serraggio per i bulloni 8.8

Viti 8.8 – Momento di serraggio M [N m]						
Vite	k=0.10	k=0.12	k=0.14	k=0.16	$F_{p,C}$ [kN]	A_{res} [mm ²]
M12	56.6	68.0	79.3	90.6	47.2	84.3
M14	90.2	108	126	144	64.4	115
M16	141	169	197	225	87.9	157
M18	194	232	271	310	108	192
M20	274	329	384	439	137	245
M22	373	448	523	597	170	303
M24	474	569	664	759	198	353
M27	694	833	972	1110	257	459
M30	942	1131	1319	1508	314	561
M36	1647	1976	2306	2635	457	817

GIUNZIONI SALDATE

Le giunzioni previste nei nodi del telaio spaziale tra i vari elementi saranno del tipo saldate, con saldature a completa penetrazione ad arco sommerso salvo diverse specificazioni sugli elaborati grafici, operate in officina in classe EXC3.

I collegamenti testa a testa, a T e a croce a piena penetrazione sono generalmente realizzati con materiali d'apporto aventi resistenza uguale o maggiore a quella degli elementi collegati. Pertanto la resistenza di calcolo dei collegamenti a piena penetrazione si assume eguale alla resistenza di progetto del più debole tra gli elementi connessi.

Una saldatura a piena penetrazione è caratterizzata dalla piena fusione del metallo di base attraverso tutto lo spessore dell'elemento da unire con il materiale di apporto. Detta tipologia di saldatura, così come indicato dalla norma si ritiene a priori caratterizzata da una sovraresistenza tale da assicurare nelle zone dissipative un comportamento idoneo al principio della gerarchia delle resistenze, ovvero che plasticizzino le sezioni degli elementi collegati, prima che sopraggiunga la rottura del collegamento, ovvero deve essere soddisfatta la relazione:

$$R_{j,d} \geq \gamma_{rd} * 1,1 * R_{pl,Rd} = R_{U,Rd}$$

dove:

$R_{j,d}$ è la resistenza di progetto del collegamento;

$R_{pl,Rd}$ è la resistenza plastica di progetto della membratura collegata (da valutarsi secondo le indicazioni del § 4.2 delle NTC);

$R_{U,Rd}$ è il limite superiore della resistenza plastica della membratura collegata.

I procedimenti di saldatura e i materiali di apporto devono essere conformi ai requisiti di cui al §11.3.4 delle NTC 2018, mentre per l'omologazione degli elettrodi da impiegare nella saldatura ad arco può farsi utile riferimento alle norme UNI 5132:1974. La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale. I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 287-1:2004 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN 287-1:2004, gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN 1418:1999.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005. Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30. Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2001; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza. Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base. Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011:2005 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

Le saldature saranno 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. In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817:2004 e il livello B per strutture soggette a fatica.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori, e si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062:2004.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:2001 almeno di secondo livello. Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al precedente § 11.3.1.7, il costruttore deve corrispondere ai seguenti requisiti. In relazione alla tipologia dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore deve essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4; il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura deve corrispondere ai requisiti della normativa di comprovata validità. I requisiti sono riassunti nel Tab. 11.3.XI di seguito riportata.

Tabella 11.3.XI

Tipo di azione sulle strutture	Strutture soggette a fatica in modo non significativo			Strutture soggette a fatica in modo significativo
	A	B	C	D
Riferimento	S235, s ≤ 30mm S275, s ≤ 30mm	S355, s ≤ 30mm S235 S275	S235 S275 S355 S460, s ≤ 30mm	S235 S275 S355 S460 (Nota 1) Acciai inossidabili e altri acciai non esplicitamente menzionati (Nota 1)
Materiale Base: Spessore minimo delle membrature				
Livello dei requisiti di qualità secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006	Elementare EN ISO 3834-4	Medio EN ISO 3834-3	Medio EN ISO 3834-3	Completo EN ISO 3834-2
Livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento della saldatura secondo la norma UNI EN 719:1996	Di base	Specifico	Completo	Completo

Nota 1) Vale anche per strutture non soggette a fatica in modo significativo