



Regione  
Lombardia

Progetto di:

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA, MIGLIORAMENTO SISMICO E  
MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEGLI ALLOGGI DI EDILIZIA  
RESIDENZIALE PUBBLICA IN VIA F. LUSSANA 22

"Finanziato dall'Unione Europea con fondo complementare al Piano  
Nazionale di Ripresa e Resilienza - PNRR: Programma Sicuro, verde e  
sociale".

Oggetto

Miglioramento sismico edificio esistente  
Via F. Lussana n°22

Committente:

Comune di Cenate Sopra

## Relazione sui materiali

Ing. Luigi Nicoli



## 1.Introduzione

---

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette alle presenti norme, devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito. 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.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

## 2.Requisiti dei materiali utilizzati

---

### 2.1 Leganti

Nelle opere oggetto delle presenti norme devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità - rilasciato da un organismo europeo notificato - ad una norma armonizzata della serie UNI EN 197 ovvero ad uno specifico Benestare Tecnico Europeo (ETA), purché idonei all'impiego previsto nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla Legge 26/05/1965 n.595.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

### 2.2 Inerti

Gli inerti, naturali o di frantumazione, saranno costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose e argillose, di gesso etc..., in proporzioni non nocive all'indurimento del conglomerato ed alla conservazione dell'armatura. La ghiaia o il pietrisco avranno dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature.

### 2.3 Acqua di impasto

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003, dovrà essere limpida e priva di sali (particolarmente solfati e cloruri).

### 2.4 Impasti

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, saranno adeguati alla particolare destinazione del getto, e al procedimento di posa del conglomerato. Il quantitativo di acqua sarà il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua degli inerti. Partendo dagli elementi già fissati, il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, sarà scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato. Sulle tavole grafiche sono indicati gli indici a seconda della tipologia di struttura da realizzare.

La superficie dei getti sarà mantenuta umida per almeno 7 giorni. Non si metteranno in opera conglomerati uniformi quando la temperatura dell'ambiente è sotto gli 0°C.

### 3.Caratteristiche meccaniche dei materiali

#### 3.1 Calcestruzzo

Il calcestruzzo da utilizzare per la realizzazione della struttura in cemento armato deve rispondere ai seguenti requisiti:

- Calcestruzzo per magroni C16/20

Contenuto minimo di cemento	200 kg/mc
Classe di esposizione	XC0
Classe minima di consistenza	S3
Rapporto A/C	$\leq 0.55$
$f_{ck}$ resistenza a compressione semplice cilindrica	$\geq 16$ MPa
$R_{ck}$ resistenza a compressione semplice cubica	$\geq 20$ MPa
$f_{cd}$ resistenza di calcolo a compressione semplice	$\geq 9.1$ MPa

- Calcestruzzo per fondazioni C25/30

Contenuto minimo di cemento	300 kg/mc
Classe di esposizione	XC2
Classe minima di consistenza	S4
Rapporto A/C	$\leq 0.60$
$f_{ck}$ resistenza a compressione semplice cilindrica	$\geq 25$ MPa
$R_{ck}$ resistenza a compressione semplice cubica	$\geq 30$ MPa
$f_{cd}$ resistenza di calcolo a compressione semplice	$\geq 14.17$ MPa

- Calcestruzzo per muri, travi, pilastri e solai C25/30

Contenuto minimo di cemento	300 kg/mc
Classe di esposizione	XC1
Classe minima di consistenza	S4
Rapporto A/C	$\leq 0.60$
$f_{ck}$ resistenza a compressione semplice cilindrica	$\geq 25$ MPa
$R_{ck}$ resistenza a compressione semplice cubica	$\geq 30$ MPa
$f_{cd}$ resistenza di calcolo a compressione semplice	$\geq 14.17$ MPa

#### 3.2 Acciaio per cemento armato

L'acciaio da utilizzare per tutte le strutture in conglomerato cementizio armato è il tipo **B450C** caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura

$f_y$ nominale	450 MPa
$f_t$ nominale	540 MPa
$f_{y,d}$	390 MPa

Deve inoltre rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella

Tensione caratteristica di snervamento $f_{yk}$	$\geq f_y$ nominale
Tensione caratteristica di rottura $f_{tk}$	$\geq f_t$ nominale
Rapporto $(f_t / f_y)_k$	$\geq 1.15$ $\leq 1.35$
Rapporto $(f_y / f_{y, nom})_k$	$\leq 1.25$
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7.5\%$

### 3.4 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE. Nelle calcolazioni statiche sono stati impiegati i seguenti valori:

Modulo Elastico:	$E=210000 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di Poisson:	$\nu=0,3$
Modulo di elasticità trasversale:	$G=E/[2(1+\nu)]=80769 \text{ N/mm}^2$
Coefficiente di espansione termica lineare:	$\alpha=12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (per temperature fino a } 100^\circ\text{)}$
Densità:	$\rho=7850 \text{ kg/m}^3$

In sede di progettazione, sono stati assunti i dati sintetizzati di seguito nelle tabelle (D.M:17.01.2018):

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm²]	f <sub>tk</sub> [N/mm²]	f <sub>yk</sub> [N/mm²]	f <sub>tk</sub> [N/mm²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f <sub>yk</sub> [N/mm²]	f <sub>tk</sub> [N/mm²]	f <sub>yk</sub> [N/mm²]	f <sub>tk</sub> [N/mm²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		
S460 NH/NHL	460	550		

Ed in particolare:

Tipo di profilo	Materiale
Tutti i profili	S235 J0

### 3.5 Caratteristiche meccaniche bulloneria

I bulloni utilizzati nelle giunzioni devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella tabella sottostante (D.M:17.01.2018):

Tab. 11.3.XIII.a

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1:2013	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2:2012	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8		
8.8	8 oppure 10	100 HV min oppure 300 HV min.	
10.9	10 oppure 12		

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti appartenenti alle classi indicate nella precedente Tab. 11.3.XIII.a sono riportate nella seguente Tab. 11.3.XIII.b:

Tab. 11.3.XIII.b

Classe	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9
$f_{yb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	240	320	300	400	480	640	900
$f_{tb}$ (N/mm <sup>2</sup> )	400	400	500	500	600	800	1000

In particolare verranno adottati bulloni di classe 8.8.

### 3.6 Caratteristiche meccaniche saldature e processo

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale di base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno 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 caso particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2005.

## 4. Controlli di accettazione dei materiali

I controlli di accettazione sono trattati al capitolo 11 delle NTC. Di seguito, per chiarezza, si riportano alcuni stralci dei punti più significativi e si rimanda al capitolo 11 per qualsiasi ulteriore spiegazione e approfondimento.

### 4.1 Calcestruzzo

La prescrizione del calcestruzzo all'atto del progetto deve essere caratterizzata almeno mediante la classe di esistenza, la classe di consistenza ed il diametro massimo dell'aggregato. La classe di resistenza è contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenza cubica  $R_{ck}$  e cilindrica  $f_{ck}$  a compressione uniassiale, misurate su provini normalizzati e cioè rispettivamente su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm e su cubi di spigolo 150 mm. Al fine delle verifiche sperimentali i provini prismatici di base 150 × 150 mm e di altezza 300 mm sono equiparati ai cilindri di cui sopra.

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera ed alla presenza del Direttore dei Lavori o di persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini. La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1:2002 e UNI EN 12390-2:2002. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-3:2003 e

UNI EN 12390-4:2002. Circa il procedimento da seguire per la determinazione della massa volumica vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-7:2002.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- a) controllo di tipo A
- b) controllo di tipo B

Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo. Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

Nella realizzazione di opere strutturali che richiedano l'impiego di più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B). Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup> di calcestruzzo. Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m<sup>3</sup>.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo. Le prove non richieste dal Direttore dei Lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2003.

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del Direttore dei Lavori che richiede la prova;
- la descrizione, l'identificazione e la data di prelievo dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni provati, dopo eventuale rettifica;
- le modalità di rottura dei campioni;
- la massa volumica del campione;
- i valori di resistenza misurati.

I "controlli di accettazione" sono obbligatori ed il collaudatore è tenuto a controllarne la validità, qualitativa e quantitativa; ove ciò non fosse, il collaudatore è tenuto a far eseguire delle prove che attestino le caratteristiche del calcestruzzo, seguendo la medesima procedura che si applica quando non risultino rispettati i limiti fissati dai "controlli di accettazione".

**Le prove a compressione vanno eseguite conformemente alle norme UNI EN 12390-3:2009, tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo. In caso di mancato rispetto di tali termini le prove di compressione vanno integrate da quelle riferite al controllo della resistenza del calcestruzzo in opera.**

#### **4.2 Acciaio da cemento armato normale**

Sono previste tre forme di controllo obbligatorie:

- a) in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- b) nei centri di trasformazione, da eseguirsi sulle forniture;
- c) di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

Per i controlli dei punti a) e b) sopra menzionati si rimanda al capitolo 11 delle NTC.

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1:2004.

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di  $20 \pm 5$  °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti a  $100 \pm 10$  °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.