



STUDIO TECNICO
PETRACCI
&PARTNERS
INGEGNERIA ARCHITETTURA

Comune di Fermo

Provincia di Fermo

Progetto:

**COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA
MULTIFUNZIONALE SALVANO
- PROGETTO ESECUTIVO -**

Richiedente: Comune di Fermo
via Mazzini n.4 - 63900 Fermo (FM)

Cantiere: C.da Salvano, via San Giacomo della Marca - 63900 Fermo (FM)

Elaborato:

ES.7

Oggetto:

ESECUTIVI STRUTTURALI
Relazione sui Materiali

Scala:

-

Il Progettista dell'esecutivo

Ing. Valerio Finucci _____

Il R.U.P.

Ing. Mauro Fortuna

Il Dirigente Servizio LL.PP.

Dott. Alessandro Paccapelo

Data Marzo 2017

Revisione

Aggiornamento

Protocollo

STUDIO TECNICO
PETRACCI
&PARTNERS

Via Bellesi n. 66 - 63900 Fermo (FM)
Tel. 0734 281470 - Mail: info@petracci.it
WWW.PETRACCI.IT

RELAZIONE SUI MATERIALI

1. LEGANTI

Nelle opere strutturali previste nel progetto, di cui la presente relazione tecnica è parte integrante, saranno impiegati esclusivamente i leganti idraulici definiti come cementi dalle disposizioni di legge vigenti in materia, ed in particolare:

- a) cemento Portland normale tipo 32.5R con resistenza caratteristica a compressione, dopo 28gg. di stagionatura, pari a 32.5 N/mm² secondo UNI EN 197;
- b) cemento Portland normale tipo 42.5R con una resistenza caratteristica a compressione, dopo 28gg. di stagionatura, pari a 42.5 N/mm² secondo UNI EN 197.

2. INERTI

Gli inerti impiegati, naturali o di frantumazione, sono formati da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze limose o argillose, organiche, gessose, e di sostanze nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature in acciaio:

- a) Sabbia: si prescrive l'impiego di sabbia viva, preferibilmente silicea a grana ruvida e ad elementi di diametro assortito da 0 a 3mm circa, di provenienza fluviale o di cava; non deve provenire da rocce in decomposizione, deve risultare scricchiolante alla mano, pulita, priva di materiale organico, melmoso e/o terroso e di salsedine.
- b) Ghiaia e pietrisco: si prescrive l'impiego di materiali provenienti da rocce compatte non gessose né gelive, privi di impurità, di materiali friabili, di terra, salsedine e sostanze estranee; la ghiaia può contenere elementi assortiti di dimensioni fino a 20mm per i c.a. comuni e fino a 50mm per grossi setti e grandi sezioni poco sollecitate (UNI 9858/ENV 206 p.to 5.2).
La ghiaia od il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto ed all'ingombro delle armature.

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e gli aggregati leggeri da norma europea armonizzata UNI EN 13155-1.

3. ACQUA

L'acqua per gli impasti deve essere limpida, priva di sali e non aggressiva; il rapporto acqua/cemento (A/C), nel dosaggio per la preparazione del calcestruzzo, viene assunto pari ad un massimo di circa 0.55 in peso. E' rigorosamente vietata l'aggiunta di acqua, nel calcestruzzo già confezionato, prima del getto. L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008:2003.

4. IMPASTI

Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti o di prematuro inizio della presa al momento del getto. Il getto deve essere convenientemente compattato; la superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno tre giorni. Non si deve mettere in opera conglomerato a temperature minori di zero gradi centigradi, salvo il ricorso ad opportune cautele. La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto, ed al procedimento di posa in opera del conglomerato. L'impiego di additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività. L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Per quanto riguarda il calcestruzzo da impiegare per la realizzazione dell'intervento, sono state determinate le condizioni di durabilità e lavorabilità dell'impasto, in particolare:

LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI

Lavorabilità dell'impasto

La lavorabilità, ovvero la facilità con cui viene mescolato l'impasto, varia in funzione del tipo di calcestruzzo impiegato, dipende dalla granulometria degli inerti, dalla presenza o meno di additivi e aumenta in relazione al quantitativo di acqua aggiunta. Inoltre, la lavorabilità aumenta al diminuire della consistenza, che rappresenta il grado di compattezza dell'impasto fresco.

La classe di consistenza del calcestruzzo da utilizzare viene fissata in base all'esigenza che l'impasto rimanga fluido per il tempo necessario a raggiungere tutte le parti interessate dal getto, senza che perda di omogeneità ed in modo che, a compattazione avvenuta, non rimangano dei vuoti. Il calcestruzzo viene quindi classificato, a seconda della sua consistenza, sulla base dell'abbassamento al cono, definito **Slump** ed identificato da un codice (da S1 a S5), che corrisponde ad un determinato intervallo di lavorabilità, espresso mediante la misura dello Slump, in mm. La lavorabilità cresce all'aumentare del numero che accompagna la classe.



Considerare, ad esempio, un calcestruzzo con classe di consistenza S3, caratterizzato da uno slump compreso tra 100 e 150 mm, significa che, se sottoposto alla prova di abbassamento del cono (*slump test*), il provino troncoconico di calcestruzzo fresco, appena sformato, subisce un abbassamento compreso in quell'intervallo.

| Classe di Consistenza | Slump (mm) | Applicazioni |
|------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------|
| S1 (Terra umida) | 10 - 40 | pavimenti messi in opera con vibro finiture |
| S2 (Terra plastica) | 50 - 90 | strutture circolari (silos, ciminiera) |
| S3 (semi fluida) | 100 - 150 | strutture non armate o poco armate |
| S4 (fluida) | 160 - 210 | strutture mediamente armate |
| S5 (super fluida) | oltre 210 | strutture fortemente armate con ridotta sezione e/o complessa geometria |

La scelta della classe di consistenza del calcestruzzo è legata alla lavorabilità che ci si aspetta dall'impasto per il tipo di opera che si deve andare a realizzare.

Per la quasi totalità delle opere in calcestruzzo armato gettato in casseforme, ci si aspetta una lavorabilità che ricada tra la classe di consistenza semi-fluida (S3) e quella super-fluida (S5).

Per l'opera in esame, in base ai criteri esposti, si è scelto di utilizzare un calcestruzzo appartenente alla Classe di consistenza **S4**.

Durabilità

La durabilità di un'opera in calcestruzzo armato dipende fortemente dalle condizioni ambientali del sito di edificazione dell'opera stessa. Inoltre, per resistere alle azioni ambientali, il calcestruzzo deve possedere dei requisiti che tengano conto della vita di esercizio prevista per l'opera da realizzare.

E' possibile suddividere le diverse parti di una struttura, a seconda della loro esposizione all'ambiente esterno, in modo da individuare le corrispondenti classi di esposizione.

LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI

A seconda delle situazioni esterne ambientali, più o meno aggressive, è possibile, definire più classi di esposizione, come prescritto dalle UNI-EN 206-1:2006 e come riportato nella seguente tabella:

Tabella 1 - Classi di esposizione secondo la EN 206

| CLASSE | AMBIENTE | TIPO DI STRUTTURA | NUMERO DI SOTTOCLASSI |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|
| XO | Nessun rischio di corrosione (interni di edifici con U.R. molto bassa) | Non armata e armata | 1 |
| XC | Corrosione delle armature promossa dalla carbonatazione | Armata | 4 |
| XD | Corrosione delle armature promossa dai cloruri esclusi quelli presenti in acqua di mare | Armata | 3 |
| XS | Corrosione delle armature promossa dai cloruri dell'acqua di mare | Armata | 3 |
| XF | Degrado del calcestruzzo per cicli di gelo-disgelo | Non armata e armata | 4 |
| XA | Attacco chimico del calcestruzzo (incluso quello promosso dall'acqua di mare) | Non armata e armata | 3 |

In particolare, la nuova norma EN 206 prevede (Tab. 1) sei classi di esposizione ambientale (XO, XC, XD, XS, XF ed XA), per ciascuna delle quali, ad eccezione della XO, esistono più sottoclassi.

LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI

prospetto 4.1 Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla EN 206-1

| Denominazione della classe | Descrizione dell'ambiente | Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 Nessun rischio di corrosione o di attacco | | |
| X0 | Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto. | Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa |
| 2 Corrosione indotta da carbonatazione | | |
| XC1 | Asciutto o permanentemente bagnato | Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua |
| XC2 | Bagnato, raramente asciutto | Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni |
| XC3 | Umidità moderata | Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia |
| XC4 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2 |
| 3 Corrosione indotta da cloruri | | |
| XD1 | Umidità moderata | Superfici di calcestruzzo esposte ad atmosfera salina |
| XD2 | Bagnato, raramente asciutto | Piscine Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri |
| XD3 | Ciclicamente bagnato e asciutto | Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni Pavimentazioni di parcheggi |
| 4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare | | |
| XS1 | Esposto a nebbia salina, ma non in contatto diretto con acqua di mare | Strutture prossime oppure sulla costa |
| XS2 | Permanentemente sommerso | Parti di strutture marine |
| XS3 | Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree | Parti di strutture marine |
| 5 Attacco di cicli gelo/disgelo | | |
| XF1 | Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo | Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo |
| XF2 | Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo | Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e ad agenti antigelo |
| XF3 | Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo | Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo |
| XF4 | Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare | Strade e Impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente ad agenti antigelo e al gelo Zone di strutture marine soggette a spruzzi ed esposte al gelo |
| 6 Attacco chimico | | |
| XA1 | Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1 | Suoli naturali e acqua del terreno |
| XA2 | Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1 | Suoli naturali e acqua del terreno |
| XA3 | Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della EN 206-1 | Suoli naturali e acqua del terreno |

Nota La composizione del calcestruzzo influenza sia la protezione delle armature, sia la resistenza del calcestruzzo agli attacchi. L'appendice E fornisce classi di resistenza indicative per le diverse classi d'esposizione. Questo può portare a scegliere delle classi di resistenza superiori a quelle richieste dal calcolo strutturale. In questo caso, si dovrebbe adottare per f_{cm} la resistenza più alta per il calcolo dell'armatura minima e per il controllo dell'apertura delle fessure (vedere punti 7.3.2 - 7.3.4).

Per tutte le altre classi di esposizione, la norma EN 206 prevede, oltre ai vincoli compositivi menzionati per la norma EN 206, anche un valore minimo di Rck calcolato in base al valore massimo del rapporto a/c e nella ipotesi di impiego di un cemento di classe 32.5.

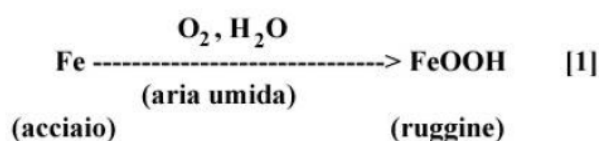
Tabella 2 - Classe di esposizione XC

Corrosione delle armature promossa dalla carbonatazione

**LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI**

| CLASSE | AMBIENTE | ESEMPI DI STRUTTURE CHE SI TROVANO NELLA CLASSE DI ESPOSIZIONE | MAX A/C | R _{ck} * MIN. | DOSAGGIO MINIMO DI CEMENTO (kg/m ³) |
|--------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|------------------------|-------------------------------------------------|
| XC1 | Asciutto | <ul style="list-style-type: none"> • Interni di edifici con U.R. molto bassa | 0.65 | 25 | 260 |
| XC2 | Bagnato raramente asciutto | <ul style="list-style-type: none"> • Strutture idrauliche • Fondazioni e strutture interrate | 0.60 | 30 | 280 |
| XC3 | Moderatamente umido | <ul style="list-style-type: none"> • Interni di edifici con umidità relativa moderata/alta • Strutture esterne protette dal contatto diretto con la pioggia | 0.55 | 37 | 280 |
| XC4 | Ciclicamente asciutto e bagnato | <ul style="list-style-type: none"> • Strutture esterne esposte all'acqua piovana | 0.50 | 37 | 300 |

La Tabella 2 si riferisce alle sotto-classi di esposizione XC1, XC2, XC3 ed XC4 tutte riguardanti la corrosione delle armature metalliche promossa dalla carbonatazione per effetto dell'esposizione all'aria umida (O₂, H₂O, CO₂). Le condizioni più aggressive (XC4) si verificano nelle strutture esposte ciclicamente all'asciutto (ingresso nel calcestruzzo di aria secca contenente O₂ e CO₂) ed alla pioggia (ingresso di H₂O) che sono gli ingredienti per neutralizzare la calce del conglomerato (CO₂) e per alimentare l'ossidazione del ferro (O₂, H₂O):



Per il caso in esame si è deciso di optare per la classe di esposizione XC2 e quindi occorre adottare, secondo le Linee Guida, un rapporto a/c non superiore a 0.60 cui corrisponde una R_{ck} di almeno 30 N/mm² se si adotta il cemento di minor classe (32.5). Ovviamente, si otterrebbero valori maggiori di R_{ck}, con un rapporto a/c di 0.60, se si adottassero cementi di maggior classe (per esempio 42.5, ecc.).

Le condizioni meno aggressive (XC1) si verificano per strutture esposte all'aria in ambienti asciutti (interni di edifici): la pressoché totale assenza di H₂O nell'ambiente rallenta fortemente il processo di corrosione, e pertanto, il rapporto a/c richiesto nel calcestruzzo per proteggere i ferri di armatura può essere relativamente elevato (0.65).

Le condizioni intermedie di aggressione per la corrosione dei ferri si verificano: in ambienti permanentemente bagnati (XC2) per la difficoltà dell'aria (e quindi dell'O₂ e della CO₂) a permeare i pori del calcestruzzo sempre saturi di acqua; ed in ambienti moderatamente umidi (XC3) per la carenza di H₂O nell'ambiente. I rapporti a/c richiesti in queste condizioni (0.60 e 0.55 rispettivamente) sono intermedi tra quelli richiesti per le condizioni più aggressive (0.50) e per quelle meno severe (0.65).

LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI

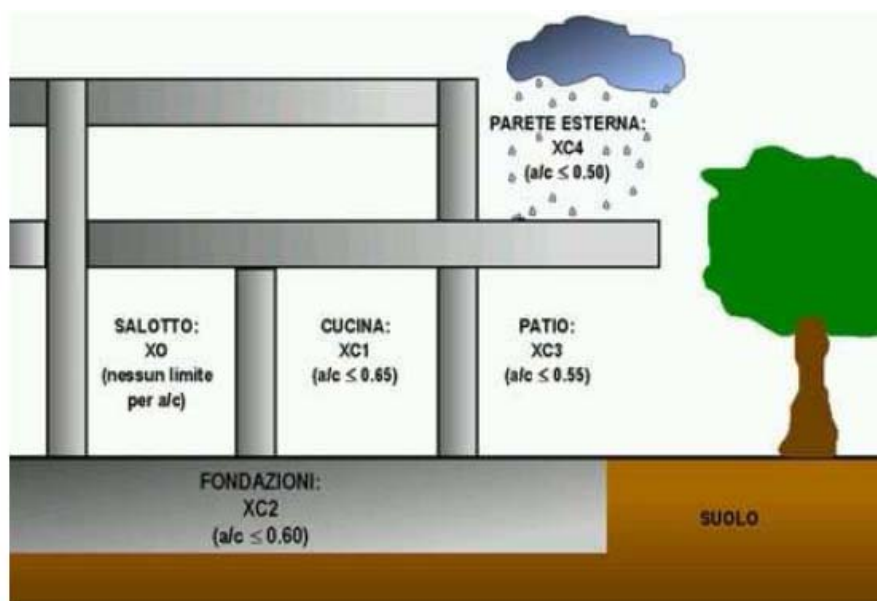


Fig. 1 - Schematizzazione delle classi di esposizione XO ed XC in una costruzione.

La Fig. 1 mostra schematicamente e semplificativamente le diverse condizioni ambientali ed i relativi vincoli compositazionali (in termini di a/c) riguardanti le varie strutture che compongono una costruzione.

APPENDICE E CLASSI INDICATIVE DI RESISTENZA PER LA DURABILITÀ (informativa)

- (1) La scelta di calcestruzzo adeguatamente durevole per la protezione dell'armatura dalla corrosione e per la protezione del calcestruzzo dagli attacchi, richiede considerazioni sulla composizione del calcestruzzo. Questo può comportare una resistenza a compressione del calcestruzzo maggiore di quella richiesta dal progetto strutturale. La relazione tra classi di resistenza a compressione del calcestruzzo e classi di esposizione (vedere il prospetto 4.1) può essere descritta da classi indicative di resistenza.
- (2) Quando la resistenza scelta è maggiore di quella richiesta dal progetto strutturale, nel calcolo dell'armatura minima secondo i punti 7.3.2 e 9.1.1.1 e nella verifica a fessurazione secondo i punti 7.3.3 e 7.3.4 si raccomanda che il valore di $f_{ct,m}$ sia associato alla resistenza più elevata.

Nota Il valore delle classi indicative di resistenza da adottare in uno Stato può essere reperito nell'appendice nazionale. I valori raccomandati sono dati nel prospetto E.1N.

prospetto E.1N Classi di resistenza indicativa

| Classi di esposizione secondo il prospetto 4.1 | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|--------|--------|----------------------------------|--------|-----------------|----------------------------------------------------|--------|
| Corrosione | | | | | | | | | |
| | Corrosione indotta da carbonatazione | | | | Corrosione indotta da ioni cloro | | | Corrosione indotta da ioni cloro di origine marina | |
| | XC1 | XC2 | XC3 | XC4 | XD1 | XD2 | XD3 | XS1 | XS2 |
| Classi di resistenza indicativa | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C35/45 | C30/37 | C35/45 | C35/45 |
| Danni al calcestruzzo | | | | | | | | | |
| | Nessun rischio | Attacco gelo/disgelo | | | | | Attacco chimico | | |
| | X0 | XF1 | XF2 | XF3 | XA1 | XA2 | XA3 | | |
| Classi indicative di resistenza | C12/15 | C30/37 | C25/30 | C30/37 | C30/37 | C30/37 | C35/45 | | |

Le Norme Tecniche per le Costruzioni, invece, distinguono le condizioni ambientali in ordinarie, aggressive e molto aggressive, e definiscono, per ciascuna condizione, le corrispondenti classi di esposizione, come di seguito indicato in tabella:

**LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI**

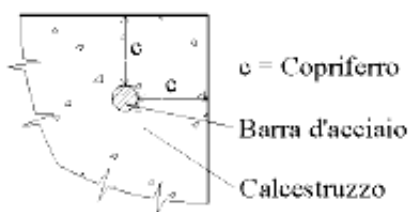
| Condizioni ambientali | Classi di esposizione |
|-----------------------|-----------------------|
| Ordinarie | X0, XC1, XC2, XC3, |
| Aggressive | XC4, XD1, XS1 |
| Molto Aggressive | XD2, XD3, XS2, XS3 |

Per ciascuna delle suddette classi di esposizione è richiesto il rispetto di alcuni vincoli, espressi sotto forma di rapporto acqua cemento (a/c), dosaggio di cemento e spessore minimo del copriferro.

Nel seguente prospetto, in funzione della classe di esposizione scelta, vengono riportati il valore massimo del rapporto acqua cemento, il dosaggio minimo del cemento e la classe di resistenza minima del calcestruzzo che occorre rispettare.

| | |
|-------------------------------------------------|-----|
| Classe Esposizione | XC2 |
| a/c max | 0.6 |
| Dosaggio di cemento minimo [kg/m ³] | 280 |
| Rck min [daN/cm ²] | 300 |

Come già detto, all'accentuarsi dell'intensità dell'attacco dell'ambiente esterno, oltre ad incrementare il quantitativo di cemento nell'impasto (riducendo quindi il rapporto acqua-cemento), è necessario aumentare lo spessore di calcestruzzo che ricopre le armature. Tale ricoprimento di calcestruzzo, generalmente definito "Copriferro", è necessario per proteggere sia le barre di acciaio dai fenomeni di corrosione e dagli attacchi degli agenti esterni e, soprattutto, per assicurare una adeguata trasmissione delle forze di aderenza.



Secondo l'accezione dell'Eurocodice 2, per copriferro si intende la distanza tra la superficie esterna dell'armatura (comprese le staffe) più prossima alla superficie del calcestruzzo e la superficie stessa del calcestruzzo. La circolare 2 febbraio 2009 n. 617 riporta una tabella in cui sono indicati i valori minimi di copriferro a seconda dell'ambiente climatico.

Tabella C4.1.IV *Copriferri minimi in mm*

| | | | barre da c.a. elementi a piastra | | barre da c.a. altri elementi | | cavi da c.a.p. elementi a piastra | | cavi da c.a.p. altri elementi | |
|-----------|--------|------------|-------------------------------------|------------------------|---------------------------------|------------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|
| C_{min} | C_o | ambiente | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ | $C \geq C_o$ | $C_{min} \leq C < C_o$ |
| C25/30 | C35/45 | ordinario | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | 30 | 30 | 35 |
| C28/35 | C40/50 | aggressivo | 25 | 30 | 30 | 35 | 35 | 40 | 40 | 45 |
| C35/45 | C45/55 | molto ag. | 35 | 40 | 40 | 45 | 45 | 50 | 50 | 50 |

A tali valori di tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norma di comprovata validità.

5. ADDITIVI

Potranno essere utilizzati degli additivi con specifiche funzioni di fluidificanti, ritardanti o acceleranti di presa ed indurimento a seconda delle esigenze del cantiere; si utilizzeranno degli additivi per il disarmo laddove ci saranno delle superfici da lasciare a facciavista, per facilitare le operazioni di disarmo e non avere distacchi di parti in calcestruzzo.

Devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

6. DISARMO

Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche. Non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio della DD.LL. e di norma il tempo per il disarmo delle strutture portanti avviene dopo 28gg. dalla data del getto.

7. CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO DI PROGETTO

Per il calcestruzzo preconfezionato o confezionato in opera per strutture armate, così come stabilito successivamente nella relazione di calcolo e in conformità alle seguenti norme:

- D.M. 14 gennaio 2008, Cap. 4 e 11
- C.M. 2 febbraio 2009 n°617
- Linee Guida per il calcestruzzo strutturale
- UNI-EN 206-1
- UNI-EN 12620
- UNI 197/1

si richiedono le seguenti caratteristiche:

Calcestruzzo per **strutture in fondazione**

- classe di esposizione: **XC2**
- classe di resistenza: **C25/30**
- rapporto acqua/cemento max: **0.60**
- contenuto minimo cemento: **300 kg**
- diametro max inerte: **20 mm**
- classe di consistenza: **S4**

Calcestruzzo per **strutture in fondazione**

- classe di esposizione: **XC2**
- classe di resistenza: **C28/35**
- rapporto acqua/cemento max: **0.60**
- contenuto minimo cemento: **300 kg**
- diametro max inerte: **20 mm**
- classe di consistenza: **S4**

Operando con il metodo semiprobabilistico agli stati limite è opportuno calcolare preliminarmente le resistenze di calcolo del cls:

- *resistenza a compressione:*

**LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI**

$$f_{cd} = \frac{0.85 f_{ck}}{\gamma_c} \quad \text{con } f_{ck} = 0.83 R_{ck} \quad \text{ed } \gamma_c = 1.5$$

Per cui nel caso in esame avremo:

calcestruzzo per **strutture in fondazione** $f_{cd} = 14.16$ N/mm²

calcestruzzo per **strutture in elevazione** $f_{cd} = 16.46$ N/mm²

- *resistenza a trazione:*

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk}}{\gamma_c} \quad \text{con } f_{ctk} = 0.70 f_{ctm} \text{ (frattile 5\%)}, \quad f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3} \quad \text{ed } \gamma_c = 1.5$$

Per cui nel caso in esame avremo:

calcestruzzo per **strutture in fondazione** $f_{ctd} = 1.19$ N/mm²

calcestruzzo per **strutture in elevazione** $f_{ctd} = 1.35$ N/mm²

- *resistenza a trazione per flessione:*

$$f_{cfd} = \frac{f_{cfk}}{\gamma_c} \quad \text{con } f_{cfk} = 0.70 f_{cfm} \text{ (frattile 5\%)}, \quad f_{cfm} = 1.2 f_{ctm} \quad \text{ed } \gamma_c = 1.5$$

Per cui nel caso in esame avremo:

calcestruzzo per **strutture in fondazione** $f_{cfd} = 1.43$ N/mm²

calcestruzzo per **strutture in elevazione** $f_{cfd} = 1.62$ N/mm²

Modulo elastico

In sede di progettazione si può assumere il valore:

$$E_{cm} = 22.000 * [f_{cm} / 10]^{0.3} \quad \text{con } f_{cm} = f_{ck} + 8$$

Tale formula non è applicabile ai calcestruzzi maturati a vapore.

Per cui nel caso in esame avremo:

calcestruzzo per **strutture in fondazione** $E_{cm} = 31475.80$ N/mm²

calcestruzzo per **strutture in elevazione** $E_{cm} = 32836.57$ N/mm²

Coefficiente di Poisson (ν)

Per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo integro).

Modulo elasticità tangenziale (G)

$$G_c = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

Per cui nel caso in esame avremo:

calcestruzzo per **strutture in fondazione** $G_c = 13114.91$ N/mm²

calcestruzzo per **strutture in elevazione** $G_c = 13681.90$ N/mm²

Il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire controlli sistematici per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera secondo quanto prescritto ai cap.11.2.4 e 11.2.5 del DM 14/01/2008 ed alle norme UNI EN in esso indicate.

8. CARATTERISTICHE ACCIAIO DI PROGETTO

Per le opere strutturali in cemento armato previste in progetto verranno impiegate armature costituite da barre di acciaio ad aderenza migliorata, controllato in stabilimento, saldabile, del tipo B450C e caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

| | |
|--------------|-----------------------|
| $f_{y\ nom}$ | 450 N/mm ² |
| $f_{t\ nom}$ | 540 N/mm ² |

Esso dovrà rispettare i requisiti indicati nella seguente tabella:

| Caratteristiche | Requisiti | Fratte (%) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|------------|
| Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} | $\geq f_{y\ nom}$ | 5.0 |
| Tensione caratteristica di rottura f_{tk} | $\geq f_{t\ nom}$ | 5.0 |
| $(f_t/f_y)_k$ | ≥ 1.15 | 10.0 |
| | < 1.35 | |
| $(f_y/f_{ynom})_k$ | ≤ 1.25 | 10.0 |
| Allungamento $(A_{gt})_k$ | $\geq 7.5\%$ | 10.0 |
| Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: | | |
| $\phi < 12\ mm$ | 4 ϕ | |
| $12 \leq \phi \leq 16\ mm$ | 5 ϕ | |
| per $16 < \phi \leq 25\ mm$ | 8 ϕ | |
| per $25 < \phi \leq 40\ mm$ | 10 ϕ | |

Il Direttore dei Lavori è tenuto a far eseguire ulteriori prove di accettazione sulle barre di acciaio pervenute in cantiere secondo quanto prescritto al cap.11.3.2.10.4 del DM 14/01/2008.

Le barre sono caratterizzate dal diametro Φ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7.85 kg/dmc.

Gli acciai B450C possono essere impiegati in barre di diametro Φ compreso fra 6mm e 40mm.

Operando con il metodo semiprobabilistico agli stati limite è opportuno calcolare preliminarmente le resistenze di calcolo dell'acciaio:

resistenza acciaio:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \quad \text{con } f_{yk} = 450\text{ N/mm}^2 \quad \text{ed } \gamma_s = 1.15$$

Per cui nel caso in esame avremo: $f_{yd} = 391.30\text{ N/mm}^2$

Modulo elastico: $E = 206000\text{ N/mm}^2$

Reti e tralicci elettrosaldati

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare 330mm.

Per le reti o i tralicci costituiti con acciaio B450C gli elementi base devono avere diametro Φ che rispetta la limitazione $6\text{ mm} \leq \phi \leq 16\text{ mm}$.

Il rapporto tra i diametri delle barre componenti reti e tralicci deve essere: $\Phi_{\min}/\Phi_{\max} \geq 0.6$.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche. Nel caso dei tralicci è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia purché realizzate con acciai B450A oppure B450C saldabili.

9. ADERENZA ACCIAIO - CALCESTRUZZO

L'aderenza tra acciaio e calcestruzzo è un requisito fondamentale in quanto, oltre ad essere una delle ipotesi di base al calcolo del c.a. è essenziale per il buon comportamento e conservazione delle opere. Il conglomerato deve poter seguire le deformazioni delle barre di acciaio tese, senza né fessurarsi

LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI

eccessivamente, né permettere lo sfilamento delle barre.
Essa assume il seguente valore di calcolo:

$$f_{bd} = \frac{f_{bk}}{\gamma_c} \quad \text{con } f_{bk} = 2.25 * \eta * f_{ctk} \quad , \quad f_{ctk} = 0.70 f_{ctm} \quad (\text{frattile 5\%}) \quad \text{ed } \gamma_c = 1.5$$

$\eta=1.0$ per le barre di diametro $\phi \leq 32$ mm

$\eta=(132 - \phi)/100$ per le barre di diametro superiore

Per cui nel caso in esame avremo:

calcestruzzo per **strutture in fondazione** $f_{bd} = 2.69$ N/mm²

calcestruzzo per **strutture in elevazione** $f_{bd} = 3.04$ N/mm²

Nel caso di armature molto addensate o ancoraggi in zona di calcestruzzo teso, la resistenza di aderenza va ridotta dividendola almeno per 1.5.

10. CARATTERISTICHE LEGNO DI PROGETTO

In quanto materiale ad uso strutturale, ogni fornitura di legno, dovrà essere conforme a quanto specificato ai punti 11.1 e 11.7.10 del DM 14 Gennaio 2008. Essa, inoltre, deve essere accompagnata, a cura del produttore, da un manuale contenente le specifiche tecniche per la posa in opera. Il Direttore dei Lavori è tenuto a rifiutare le eventuali forniture non conformi a quanto sopra prescritto.

PROPRIETÀ DEI MATERIALI

Il progetto e la verifica di strutture realizzate con legno massiccio, lamellare o con prodotti per uso strutturale derivati dal legno, richiedono la conoscenza dei valori di resistenza, modulo elastico e massa volumica costituenti il profilo resistente, che deve comprendere almeno quanto riportato nella seguente tabella:

| Proprietà di resistenza | | Proprietà di modulo elastico | | Massa volumica | |
|-----------------------------|--------------|------------------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|
| Flessione | $f_{m,k}$ | Modulo elastico parallelo medio** | $E_{0,mean}$ | Massa volumica caratteristica | ρ_k |
| Trazione parallela | $f_{t,0,k}$ | Modulo elastico parallelo caratteristico | $E_{0,05}$ | Massa volumica media*, ** | ρ_{mean} |
| Trazione perpendicolare | $f_{t,90,k}$ | Modulo elastico perpendicolare medio** | $E_{90,mean}$ | | |
| Compressione parallela | $f_{c,0,k}$ | Modulo elastico tangenziale medio** | G_{mean} | | |
| Compressione perpendicolare | $f_{c,90,k}$ | | | | |
| Taglio | $f_{v,k}$ | | | | |

* La massa volumica media può non essere dichiarata

** Il pedice *mean* può essere abbreviato con m

Gli elementi in *legno massiccio* sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino rispettivamente una altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 150mm, i valori caratteristici $f_{m,k}$ e $f_{t,0,k}$, indicati nei profili resistenti, possono essere incrementati tramite il coefficiente moltiplicativo k_h , così definito:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{150}{h} \right)^{0.2} ; 1,3 \right\}$$

essendo h , in millimetri, l'altezza della sezione trasversale dell'elemento inflesso oppure il lato maggiore della sezione trasversale dell'elemento sottoposto a trazione.

Gli elementi in legno lamellare sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino rispettivamente una altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 600mm, i valori caratteristici $f_{m,k}$ e $f_{t,0,k}$, indicati nei profili resistenti, possono essere incrementati tramite il coefficiente moltiplicativo k_h , così definito:

$$k_h = \min \left\{ \left(\frac{600}{h} \right)^{0.1} ; 1,1 \right\}$$

essendo h , in millimetri, l'altezza della sezione trasversale dell'elemento inflesso oppure il lato maggiore della sezione trasversale dell'elemento sottoposto a trazione.

**LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI**

Legno massiccio

La produzione di elementi strutturali di legno massiccio a sezione rettangolare dovrà risultare conforme alla norma europea armonizzata UNI EN 14081 e, secondo quanto specificato al punto A) del cap 11.1 del DM 14 Gennaio 2008, recare la Marcatura CE.

La classificazione può avvenire in modo "visuale" assegnando all'elemento una Categoria, secondo la EN 518. Le categorie attualmente seguite sono le seguenti:

- **1° Categoria** (miglior tipo di legname):
legname assolutamente sano, con colorazione uniforme, senza guasti provocati da insetti o funghi, senza lesioni. Fibratura regolare e regolarmente avviata in un'unica direzione. Tollerata una piccolissima presenza di nodi.
- **2° Categoria** (legname di media qualità):
legname sano, con tolleranza di lievi alterazioni cromatiche, tolleranza di tasche di resina di spessore non superiore a 3mm. Andamento delle fibre abbastanza regolare. Tollerato qualche nodo.
- **3° Categoria**:
legname di qualità più scarsa ma comunque impiegabile. Fa parte di questo gruppo una tipologia di legname che non rientra nelle *Categorie 1° e 2°* in quanto meno sano.
- **4° Categoria**:
non ammissibile per costruzioni permanenti, materiale non includibile nella *3° Categoria*.

La Classe di Resistenza di un elemento è definita mediante uno specifico profilo resistente unificato, a tal fine può farsi utile riferimento alle norme UNI EN 338:2004 ed UNI EN 1912:2005, per legno di provenienza estera, ed UNI 11035:2003 parti 1 e 2 per legno di provenienza italiana.

NOTA PER CALCOLO:

Il legno utilizzato nel presente progetto (tavolato per solaio di copertura terrazzo esistente) è l'*Abete*. Si prescrive un legno di **2° Categoria** classificato secondo la norma UNI EN 338 con la sigla **C14**. Le caratteristiche utilizzate per il calcolo saranno le seguenti:

| Resistenza (Mpa) | | Modulo elastico (GPa) | | Massa volumica (kg/m ³) | |
|------------------|-----|-----------------------|------|-------------------------------------|-----|
| $f_{m,k}$ | 14 | $E_{0,mean}$ | 7 | ρ_k | 290 |
| $f_{t,0,k}$ | 8 | $E_{0,05}$ | 4,7 | ρ_{mean} | 350 |
| $f_{t,90,k}$ | 0,4 | $E_{90,mean}$ | 0,23 | | |
| $f_{c,0,k}$ | 16 | G_{mean} | 0,44 | | |
| $f_{c,90,k}$ | 2,0 | | | | |
| $f_{v,k}$ | 1,7 | | | | |

VALORI DI CALCOLO

La valutazione della sicurezza deve essere svolta secondo il metodo degli stati limite. I requisiti richiesti di resistenza, funzionalità e robustezza si garantiscono verificando gli stati limite ultimi e gli stati limite di esercizio della struttura, dei singoli componenti strutturali e dei collegamenti.

Le azioni di calcolo devono essere assegnate ad una delle classi di durata del carico elencate alla seguente tabella:

| Classe di durata del carico | Durata del carico |
|-----------------------------|-----------------------|
| Permanente | più di 10 anni |
| Lunga durata | 6 mesi – 10 anni |
| Media durata | 1 settimana – 6 mesi |
| Breve durata | meno di una settimana |
| Istantaneo | -- |

La durata del carico e l'umidità del legno influiscono sulle proprietà resistenti del legno individuando *3 Classi di servizio*:

| Classe di servizio | Caratteristiche |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Classe di servizio 1 | E' caratterizzata da un umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65%, se non per poche settimane all'anno. |
| Classe di servizio 2 | E' caratterizzata da un umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un |

**LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI**

| | |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| | umidità relativa dell'aria circostante che superi l' 85%, solo per poche settimane all'anno. |
| <i>Classe di servizio 3</i> | E' caratterizzata da una umidità più elevata di quella della classe di servizio 2. |

I valori di calcolo per le proprietà del materiale a partire dai valori caratteristici si assegnano quindi con riferimento combinato alle classi di servizio ed alle classi di durata del carico. Il valore di calcolo X_d di una proprietà del materiale (o della resistenza di un collegamento) viene calcolato mediante la relazione:

$$X_d = \frac{k_{mod} X_k}{\gamma_M}$$

dove:

X_k : valore caratteristico della proprietà del materiale

γ_M : coefficiente parziale di sicurezza relativo al materiale

k_{mod} : coefficiente correttivo che tiene conto dell'effetto, sui parametri di resistenza, sia dell'umidità del carico sia dell'umidità della struttura

| Stati limite ultimi | γ_M |
|-------------------------------------------|------------|
| combinazioni fondamentali | |
| legno massiccio | 1,50 |
| legno lamellare incollato | 1,45 |
| pannelli di particelle o di fibre | 1,50 |
| compensato, pannelli di scaglie orientate | 1,40 |
| unioni | 1,50 |
| combinazioni fondamentali | 1,00 |

Valori k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

| Materiale | Riferimento | Classe di servizio | Classe di durata del carico | | | | |
|---------------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|------------|
| | | | Permanente | Lunga | Media | Breve | Istantanea |
| Legno massiccio - Legno lamellare incollato | EN 14081-1 EN 14080 | 1 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 |
| | | 2 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 |
| | | 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 |
| Compensato | EN 636 | Parti 1,2,3 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 |
| | | Parti 2,3 | 0,60 | 0,70 | 0,80 | 0,90 | 1,00 |
| | | Parte 3 | 0,50 | 0,55 | 0,65 | 0,70 | 0,90 |
| Pannello di scaglie orientate (OSB) | EN 300 | OSB/2 | 0,30 | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,00 |
| | | OSB/3 – OSB/4 | 1 | 0,40 | 0,50 | 0,70 | 1,00 |
| | | | 2 | 0,30 | 0,40 | 0,55 | 0,70 |
| Pannello di particelle (truciolare) | EN 312 | Parti 4, 5 | 0,30 | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,00 |
| | | Parte 5 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,80 |
| | | Parti 6, 7 | 0,40 | 0,50 | 0,70 | 0,90 | 1,00 |
| | | Parte 7 | 0,30 | 0,40 | 0,55 | 0,70 | 0,90 |
| Pannello di fibre, alta densità | EN 622-2 | HB.LA, HB.HLA 1 o 2 | 0,30 | 0,45 | 0,65 | 0,85 | 1,00 |
| | | HB.HLA 1 o 2 | 0,20 | 0,30 | 0,45 | 0,60 | 0,80 |
| Pannello di fibre, media densità (MDF) | EN 622-3 | MBH.LA1 o 2 | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
| | | MBH.HLS1 o 2 | - | - | - | 0,45 | 0,80 |
| | EN 622-5 | MDF.LA, MDF.HLS | 0,20 | 0,40 | 0,60 | 0,80 | 1,00 |
| | | MDF.HLS | - | - | - | 0,45 | 0,80 |

La deformazione istantanea si calcola utilizzando i valori medi dei moduli elastici per le membrature ed il valore istantaneo del modulo di scorrimento dei collegamenti.

La deformazione a lungo termine può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1+k_{def})$, per le membrature, e utilizzando un valore ridotto nello stesso modo del modulo di scorrimento dei collegamenti. Il coefficiente k_{def} tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità e dell'umidità del materiale e viene tabellato nel seguente modo:

| Materiale | Riferimento | Classe di servizio | | |
|-------------------------------------|-------------|--------------------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Legno massiccio | EN 14081-1 | 0,60 | 0,80 | 2,00 |
| Legno lamellare incollato | EN 14080 | 0,60 | 0,80 | 2,00 |
| Compensato | EN 636 | Parte 1 | 0,80 | - |
| | | Parte 2 | 0,80 | 1,00 |
| | | Parte 3 | 0,80 | 1,00 |
| Pannelli di scaglie orientate (OSB) | EN 300 | OSB/2 | 2,25 | - |

**LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI**

| | | | | | |
|----------------------------------------|----------|-----------------------|------|------|---|
| | | OSB/3 OSB/4 | 1,50 | 2,25 | - |
| Pannello di particelle (truciolare) | EN 312 | Parte 4 | 2,25 | - | - |
| | | Parte 5 | 2,25 | 3,00 | - |
| | | Parte 6 | 1,50 | - | - |
| | | Parte 7 | 1,50 | 2,25 | - |
| Pannelli di fibre, alta densità | EN 622-2 | HB.LA | 2,25 | - | - |
| | | HB.HLA1, HB.HLA2 | 2,25 | 3,00 | - |
| Pannelli di fibre, media densità (MDF) | EN 622-3 | MHB.HLA1, MHB.HLA2 | 3,00 | - | - |
| | | MHB.HLS1, MHB.HLS2 | 3,00 | 4,00 | - |
| | EN 622-5 | MDF.LA | 2,25 | - | - |
| | | MDF.HLS | 2,25 | 3,00 | - |

NOTA PER CALCOLO:

Si prescrive l'utilizzo di **legno massiccio** e si ricadrà sempre nella **classe di servizio 1**.

11. CARATTERISTICHE ACCIAIO PER CARPENTERIE METALLICHE

Per la realizzazione delle opere metalliche previste nel progetto verranno utilizzati acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la marcatura CE, nel rispetto delle prescrizioni descritte al capitolo 11.3.4 del DM 14.01.2008 nonché nella Norma EN 1090-2.

In sede di progettazione, in particolare, sono stati assunti i seguenti valori convenzionali:

modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$

modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$

coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$

coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$

(per temperature fino a $100 \text{ }^\circ\text{C}$)

densità $\rho = 7850 \text{ kg/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Tabella 11.3.IX – Laminati a caldo con profili a sezione aperta

| Norme e qualità degli acciai | Spessore nominale dell'elemento | | | |
|------------------------------|---------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|--------------------------|
| | $t \leq 40 \text{ mm}$ | | $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$ | |
| | $f_{yk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{tk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{yk} [\text{N/mm}^2]$ | $f_{tk} [\text{N/mm}^2]$ |
| 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 |
| UNI EN 10025-5 | | | | |
| S 235 W | 235 | 360 | 215 | 340 |
| S 355 W | 355 | 510 | 335 | 490 |

LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI

La saldatura dovrà avvenire secondo procedimenti codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001 e comunque nel rispetto dei parametri descritti al paragrafo 11.3.4.5 del DM 14.01.2008.

I bulloni eventualmente utilizzati nel progetto, conformi per caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968, apparterranno alle classi indicate nella norma UNI EN ISO 898-1:2001, di seguito riportate:

Tabella 11.3.XII.a

| | Normali | | | Ad alta resistenza | |
|------|---------|-----|-----|--------------------|------|
| Vite | 4.6 | 5.6 | 6.8 | 8.8 | 10.9 |
| Dado | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 |

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

Tabella 11.3.XII.b

| Classe | 4.6 | 5.6 | 6.8 | 8.8 | 10.9 |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
| f_{yb} (N/mm ²) | 240 | 300 | 480 | 649 | 900 |
| f_{tb} (N/mm ²) | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 |

I bulloni per giunzioni ad attrito saranno conformi alle direttive riportate al paragrafo 11.3.4.6.2 del DM 14.01.2008; viti e dadi saranno associati come indicato nella Tabella 11.3.XII.a

Per i chiodi verranno rispettate le prescrizioni riportate al paragrafo 11.3.4.6.3 del DM 14.01.2008.

12. RESINA PER EVENTUALI ANCORAGGI CHIMICI

L'ancoraggio chimico (o comunemente detto "tassello chimico") si basa sull'idea di fissare una barra metallica sulla muratura, anziché meccanicamente per attrito o incastro, attraverso l'uso di una "colla" rigida.

I requisiti di tale materiale sono la resistenza meccanica e la velocità di indurimento; a tale scopo si rende necessario l'impiego di resine caratterizzate dalla rapida reazione di indurimento omogenea in tutta la massa.

I tipi di resina impiegati si distinguono per il tipo di applicazione e la resistenza richiesta, vi sono resine [poliestere](#), resine [vinilestere](#) ed epossidiche ([resina epossidica](#)).

Le resine poliestere sono caratterizzate da un buon rapporto qualità prezzo, ma hanno il limite che non devono essere applicate su calcestruzzo costantemente umido per il rischio di idrolisi alcalina che potrebbe a lungo termine comprometterne la resistenza, vengono pertanto destinate ad un utilizzo artigianale, per posa di serramenti, termoidraulica, carpenteria leggera ed applicazione su mattoni forati.

Le resine vinilestere sono caratterizzate da una maggiore resistenza meccanica e la resistenza all'idrolisi alcalina, ciò le rende idonee per l'utilizzo nei fissaggi ad alta resistenza in edilizia e costruzioni, anche per l'inghisaggio di ferri d'armatura per riprese di getti, nella carpenteria metallica pesante e nelle opere stradali.

Le resine epossidiche sono caratterizzate da una ancor maggiore resistenza meccanica e una migliore adesione su fori eseguiti con carotatrici diamantate, per contro hanno un tempo di indurimento circa dieci volte maggiore. Per tali caratteristiche sono utilizzate principalmente per l'inghisaggio di ferri d'armatura per riprese di getti, grazie anche alla maggiore fluidità che meglio si adatta ad iniezione in fori più lunghi.

L'Unione Europea ha emesso una norma tecnica per la classificazione e l'attestazione dell'idoneità all'uso dei sistemi di fissaggio, attraverso l'EOTA (European Organisation for Technical Approvals).



A seguito di ciò è possibile ottenere per un determinato prodotto di fissaggio il corrispondente ETA (European Technical Approval) benestare tecnico europeo che definisce le caratteristiche, l'idoneità agli usi previsti e i requisiti essenziali per i prodotti da costruzione stabiliti dalla CPD (Construction Products Directive).

**LAVORI DI COMPLETAMENTO SCUOLA E STRUTTURA MULTIFUNZIONALE SALVANO
PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURALE – RELAZIONE SUI MATERIALI**

I valori di calcolo dei parametri meccanici minimi delle resine utilizzate nel presente progetto sono definiti in base alle norme europee di settore; le resine utilizzate nel presente progetto saranno di tipo *epossidico*, per uso strutturale.

Esse saranno differenti in base al supporto su cui andranno applicate (muratura, calcestruzzo, acciaio, legno ecc.) ed alla natura dell'oggetto da ancorare.

Una scheda tecnica "tipo" è riportata in calce, a puro scopo indicativo, per individuare quali parametri devono essere riportati nelle confezioni di ciascuna resina impiegata in cantiere.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Natura chimica | Resina epossidica ed induritore amminico |
| Peso specifico del prodotto | 1,2 ÷ 1,4÷1,6 Kg/dm³ |
| Viscosità (a +25°, tazza ford 4) | Materiale legg. Tixotropico |
| Densità (a +25° c.) | 1,2/1,4/1,6 ± 0,05 GR/CM3 |
| Residuo secco (1ora a + 120°c.) | 99% |
| Rapporto di miscelazione in peso | 66 parti A 33 parti B (2 : 1) |
| Tempo di lavorabilità | 1 ore (a 25 °C) |
| Temperatura minima di applicazione | + 5 °C |
| Tempo di essiccazione in spessore sottile (ore a + 25°C) | 6 ore |
| Resist. di distors. alla temp. | 55 °C (HDT) |
| Pigmenti e cariche | Silicati, carbonati, ossidi |
| | |
| Indurimento a 25° C. | |
| Fuori polvere | 3 ore |
| Secco al tatto | 12 ore |
| Indurimento totale | 48 ore |
| | |
| Caratteristiche meccaniche | |
| Resist. a compressione | Kg. Cm.² 617 |
| Resist. a flessione | Kg. Cm.² 258 |
| Resist. a trazione | Kg. Cm.² 120 |
| Modulo elastico | 1200-1400 MPa |
| Durezza shores | 82 |
| Adesione al CLS, fibra di carbonio, VTR acciaio/legno | > 65 Kg/cm² |
| Resistenze chimiche: ottima resistenza verso acqua, soluzioni basiche. Discreta resistenza agli acidi ed ai solventi. | |

La scelta del tipo di resina e, conseguentemente, dei relativi parametri meccanici sarà definita caso per caso a cura della D.L.

Fermo, Marzo 2017

Il progettista strutturale

Ing. FINUCCI Valerio