



**COMUNE DI NAPOLI**  
 Direzione centrale Infrastrutture, lavori pubblici e mobilità  
 Servizio Mobilità sostenibile



# PON METRO 2014/20 - MOBILITA' SOSTENIBILE E ITS

Infrastrutture e tecnologie intelligenti per la gestione dei flussi di traffico - Semafori

## PROGETTO DEFINITIVO

**Gruppo di progettazione - Comune di Napoli**

arch. Angela D'Anna (Coordinatore della progettazione), ing. Francesco Addato, geom. Giuseppe Costa, geom. Luciano Marino, dott. Giuseppe Marzella, ing. Franco Savastano,

**Coordinatore per la sicurezza in fase di progettazione**

arch. Francesca Spera

**Supporto al gruppo di progettazione per ANM**

ing. Francesco Chirillo, ing. Davide Pinto

*(Handwritten signatures of project members)*

**Responsabile del procedimento**

ing. Marzia di Caprio

**Il dirigente**

ing. Giuseppe D'Alessio

# Relazione sui materiali

ER MAT 01

emissione maggio 2018  
 revisione novembre 2018





# **PON METRO 2014-2020 – MOBILITÀ SOSTENIBILE E ITS**

Obiettivo specifico 2.2

Aumento della mobilità sostenibile nelle aree urbane

Azione 2.2.1

Infomobilità e sistemi di trasporto intelligenti

Progetto 2.2.1.a

Infrastrutture e tecnologie intelligenti per la gestione dei flussi di traffico: Semafori

## **Relazione sui materiali**

1 - Introduzione .....	3
2. Normativa di riferimento .....	3
3. Materiali strutturali di riferimento .....	3
4. Lista dei materiali previsti .....	5
5. Caratteristiche dei materiali per le opere edili .....	6
5.1 Conglomerato per strutture di fondazione.....	6
5.1.1. Cemento .....	6
5.1.2. Controllo della documentazione .....	7
5.2. Aggregati .....	7
5.3. Acqua .....	8
5.4. Additivi .....	8
5.5. Caratteristiche del calcestruzzo .....	8
5.5.1. Le classi di resistenza .....	8
5.5.2. Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati .....	8
5.5.3. Rapporto acqua/cemento.....	9
5.5.4. Lavorabilità .....	9
5.6. Acciaio per getti.....	10
5.6.1. Requisiti .....	10
5.6.2. Controlli sull'acciaio .....	12
5.6.3. Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura .....	14
5.6.4. Deposito e conservazione in cantiere .....	14
5.7. Acciaio per Carpenteria metallica .....	14
5.7.1. Caratteristiche minime dei materiali .....	14
5.7.2. Tensioni ammissibili secondo la UNI 7670 Rif. 5.1.1 e 5.1.2. ....	16
5.7.3. Bulloneria .....	16
5.7.4. Saldature .....	17

## 1 - Introduzione

La presente relazione tecnica descrive i materiali e le prescrizione relative affinché l'opera sia realizzata in qualità e i materiali abbiano caratteristiche di resistenza adeguate .

## 2. Normativa di riferimento

La progettazione, i criteri, La scelta dei materiali sono stati condotta nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, riferendo al D.M 17 Gennaio 2018 : Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni, nonché la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 2 Febbraio 2009, n. 617 "Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

Altre normativa integrative:

**UNI EN 1992 -1-1** Progettazione delle strutture in c.a.

**UNI EN 206-1** Calcestruzzo, specificazione, prestazione, produzione e conformità

**UNI 111 04** Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1

**UNI 8520** Parte 1 e 2 Aggregati per calcestruzzo-Istruzioni complementari per l'applicazione in Italia della norma UNI-EN 12620 - Requisiti

**UNI 7122** Calcestruzzo fresco. Determinazione della quantità di acqua d'impasto essudata

**EN 10080:2005** Acciaio per cemento armato

**UNI EN ISO 1563 0 -1/2** Acciai per cemento armato: Metodi di prova

**EN 1367 0:2008** Execution of concrete structures

## 3. Materiali strutturali di riferimento

I materiali di riferimento, in termini di caratteristiche meccaniche, sono le seguenti:

per l'**acciaio** costituente la struttura porta antenne e gli accessori relativi, sarà utilizzato almeno l' acciaio Fe430 - S275, le cui caratteristiche sono riepilogate in tabella sotto.

Parametro	Nomenclatura/Tipo / Note		Young	Poisson	G	Gamma	Alfa
		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>3</sup>	
Caratteristiche	acciaio Fe430 - S275		2.100e+06	0.30	8.077e+05	7.85e-03	1.00e-05
tensione di rottura a trazione	ft	4300.0					
tensione di snervamento	fy	2750.0					
resistenza di calcolo	fd	2750.0					
resistenza di calcolo per spess. t>40 mm	fdt	2500.0					
tensione ammissibile	sadm	1900.0					
tensione ammissibile per spess. t>40 mm	sadmt	1700.0					

I diagrammi costitutivi dell'acciaio sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.2 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare è stato adottato il modello elastico perfettamente plastico descritto in b).

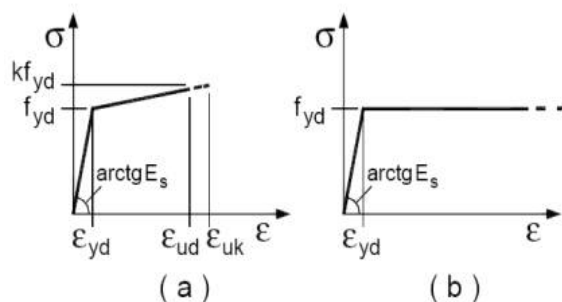


Figura 1 Diagrammi di calcolo tensione/deformazione dell'acciaio

Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale:  $\gamma_m=1,15$

Riguardo al calcestruzzo, il plinto può essere un conglomerato cementizio prefabbricato con classe cls rck40 oppure realizzato in opera con armatura e medesime caratteristiche dimensionali (pesi e dimensioni). Le caratteristiche generali sono:

Classe del calcestruzzo – Rck 40 N/mm<sup>2</sup>

Resistenza caratteristica cilindrica  $f_{ck} = 32$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza di calcolo del cls  $f_{cd} = 18.2$  N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente di sicurezza allo Stato Limite Ultimo del materiale:  $\gamma_m=1,5$

I diagrammi costitutivi del calcestruzzo sono stati adottati in conformità alle indicazioni riportate al punto 4.1.2.1.2.1 del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare per le verifiche effettuate è stato adottato il modello riportato in c).

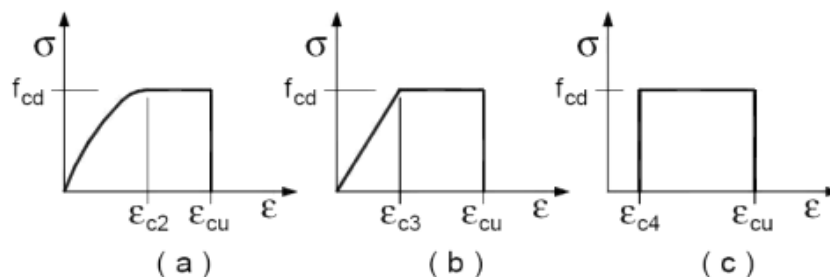


Figura 2 Diagrammi di calcolo tensione/deformazione del calcestruzzo

Tali dati sono stati utilizzati per la verifica ed il calcolo dell'aderenza nel punto di infilaggio

Qualora il plinto sia realizzato in opera l'acciaio per le armature fondazione si prevede l'utilizzo di acciaio tipo FEB44K con le seguenti caratteristiche:

- ▣ Tensione caratteristica di snervamento  $\geq 430$  N/mm<sup>2</sup>
- ▣ Tensione caratteristica di rottura  $\geq 540$  N/mm<sup>2</sup>
- ▣ Allungamento A5  $\geq 12$
- ▣ Tensioni ammissibili 255 N/mm<sup>2</sup>

## 4. Lista dei materiali previsti

Art.	Descrizione	um	q.tà	Peso (Fe) kg
<b>1</b>	<b>Carpenteria per la realizzazione strutture di sostegno</b>	<b>cad</b>	<b>22</b>	<b>1540</b>
1.01	<p>Palo rastremato cilindrico a 3 tronchi di altezza 8m, diametro alla base 114mm diametro in testa 80mm , costituito da in acciaio zincato acciaio S275 ,spessore 3.4mm, zincatura a caldo. L'acciaio impiegato per la costruzione dei pali deve essere saldabile (semicalmato o calmato) laminato a caldo.</p> <p><b>laminazione</b> Il palo HSP è ottenuto mediante la laminazione a caldo di tubo in acciaio S275JR UNI EN 10025 saldato ad alta frequenza E.R.W. (Electrical resistance welded) secondo le norme UNI 7091/72. La laminazione del tubo avviene alla temperatura di 700° C; la lavorazione, interamente gestita a controllo numerico, è finalizzata ad incrementare le caratteristiche meccaniche dell'acciaio.</p> <p><b>superficie esterna</b> Il processo di laminazione consente di ottenere un prodotto esteticamente molto pregiato in quanto privo di saldatura esterna; la superficie del palo appare alla vista perfettamente uniforme.</p> <p><b>prestazioni</b> L'acciaio impiegato e l'incremento degli spessori dovuto alla lavorazione a caldo, (dalla base alla sommità) conferiscono al palo prestazioni superiori. In presenza di forte ventosità le oscillazioni sono pertanto ridotte al minimo con notevoli benefici per la durata del corpo illuminante e l'effetto di trasmettere una tangibile "sensazione di sicurezza e di stabilità".</p> <p><b>tolleranze</b> Le tolleranze di lavorazione sono conformi alla norma UNI EN 40-2.</p> <p><b>finitura</b> Conclusa la fase di laminazione il palo viene sottoposto a specifiche lavorazioni alla base (es. asole) ed in punta (es.calibratura).</p> <p><b>Zincatura</b> La protezione superficiale, interna ed esterna, è assicurata mediante un processo di zincatura a caldo, effettuato per immersione in bagno di zinco fuso, previo decapaggio teso ad eliminare ogni scoria ed impurità. Il processo di zincatura è realizzato in conformità alla norma UNI EN ISO 1461 o, a richiesta, in conformità alla norma CEI 7-6 fascicolo n. 239. Per ragioni di estetica tese a favorire l'inserimento del palo all'interno del contesto urbano o per l'esigenza di rafforzare la protezione contro l'azione degli agenti atmosferici, il palo, su richiesta, può essere sottoposto ad un ciclo di verniciatura.</p> <p><b>materiali</b> I pali sono realizzati utilizzando tubi in acciaio normalizzato S275JR (Fe 430B) con caratteristiche meccaniche conformi alla norma UNI EN 10025.</p>			

1.02	sostegni per telecamera costituita da angolari in tubo D40mm	cad	39	
<b>2</b>	<b>Plinto</b>			<b>1750</b>
2.01	<p>Basamento di sostegno ovvero plinto per palo di sostegno, realizzato in conglomerato cementizio vibrato Rck 400, dalle dimensioni esterne assimilabili a 80x117x90 cm, per pali di diametro massimo 24 con o senza sbraccio di altezza massima fuori terra fino a 1025 cm. Provvisto di pozzetto ispezionabile di dimensioni nominali pari a cm 39x39 cm con n3 fori laterali per l'innesto dei cavidotti di diametro 13 cm, di foro disperdente alla base e di foro passacavi. Utilizzabile con chiusini di dimensioni 50x50 cm in cls ovvero in ghisa. Linghisaggio del palo dilluminazione uniforme alle lavorazioni standard unificate ed pari a cm 85. Peso 1750Kg</p> <p><b>Modalità di posa:</b>  La messa in opera del plinto viene effettuata in accordo con le norme di sicurezza per la movimentazione dei carichi sospesi grazie all'ausilio di ganci opportunamente dimensionati disposti sull'estradosso del plinto. E' prevista l'esecuzione di scavo su terreno con conseguente ripristino dei fianchi dello stesso, ponendo particolare attenzione al costipamento del terreno che scelto preferibilmente arido.</p> <p>Ulteriore attenzione va posta nel controllo del ricoprimento minimo dell'interramento, così come indicato nella relazione di calcolo. In tal modo si garantisce coerenza tra calcolo e caso reale.</p>			
<b>3</b>	<b>predisposizioni impiantistiche</b>			
3.01	tubazione in corrugato PVC D=60mm per posa cavi	m	550	
3.02	Corrugato flessibile PVC 25mm	m	176	

## 5. Caratteristiche dei materiali per le opere edili

### 5.1 Conglomerato per strutture di fondazione

#### 5.1.1. Cemento

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. potranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2006.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104, conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Per getti di calcestruzzo in sbarramenti di ritenuta di grandi dimensioni si dovranno utilizzare cementi di cui all'art. 1 lett C della legge 595 del 26 maggio 1965 o, al momento del recepimento nell'ordinamento italiano, cementi a bassissimo calore di idratazione VHL conformi alla norma UNI EN 14216.



### 5.1.2. Controllo della documentazione

In cantiere o presso l'impianto di confezionamento del calcestruzzo è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi di cui al punto 5.1.1.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE. Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai DDT dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

Il Direttore dei Lavori è tenuto a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, e nella documentazione o elaborati tecnici specifici.

Nel caso di getti in calcestruzzo per sbarramenti di ritenuta, le disposizioni del presente articolo si applicano assumendo, in luogo dell'Attestato di Conformità CE, una attestazione di conformità all'art. 1 lett. c della legge 595 del 26 maggio 1965 rilasciata dal produttore di cemento.

### 5.1.3. Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso che il calcestruzzo sia prodotto da impianto di confezionamento installato nel cantiere stesso.

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7.

L'impresa dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che il sacco da cui si effettua il prelievo sia in perfetto stato di conservazione o, alternativamente, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli; è obbligatorio che il campionamento sia effettuato in contraddittorio con un rappresentante del produttore di cemento.

Il controllo di accettazione di norma potrà avvenire indicativamente ogni 5.000 tonnellate di cemento consegnato.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio Ufficiale di cui all'art 59 del D.P.R. n° 380/2001 scelto dalla Direzione Lavori, un'altra è a disposizione dell'impresa e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

## 5.2. Aggregati

Gli aggregati utilizzabili, ai fini del confezionamento del calcestruzzo, debbono possedere marcatura CE secondo D.P.R. 246/93 e successivi decreti attuativi.

Gli aggregati debbono essere conformi ai requisiti della normativa UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/m<sup>3</sup>. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continui a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità specificati nel paragrafo 2.8. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2300 Kg/mc. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 preferibilmente dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2600 Kg/mc.

Gli aggregati dovranno rispettare i requisiti minimi imposti dalla norma UNI 8520 parte 2 relativamente al contenuto di sostanze nocive. In particolare:

- il contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO<sub>3</sub> da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12) dovrà risultare inferiore allo 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2);
- il contenuto totale di zolfo (da determinarsi con UNI-EN 1744-1 punto 11) dovrà risultare inferiore allo 0.1%;

- non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

### 5.3. Acqua

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.

### 5.4. Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4, 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo. E' onere del produttore di calcestruzzo verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti, si consiglia l'impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità dei getti. Nel periodo estivo si consiglia di impiegare specifici additivi capaci di mantenere una prolungata

lavorabilità del calcestruzzo in funzione dei tempi di trasporto e di getto.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto.

Nel periodo invernale al fine di evitare i danni derivanti dalla azione del gelo, in condizioni di maturazione al di sotto dei 5°C, si farà ricorso, oltre che agli additivi superfluidificanti, all'utilizzo di additivi acceleranti di presa e di indurimento privi di cloruri.

Per i getti sottoposti all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle normative UNI EN 206 e UNI 11104.

## 5.5. Caratteristiche del calcestruzzo

### 5.5.1. Le classi di resistenza

Si fa riferimento al D.M 17 Gennaio 2018 : Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni. In particolare, relativamente alla resistenza caratteristica convenzionale a compressione il calcestruzzo verrà individuato mediante la simbologia C (X/Y) dove X è la resistenza caratteristica a compressione misurata su provini cilindrici (fck) con rapporto altezza/diametro pari a 2 ed Y è la resistenza caratteristica a compressione valutata su provini cubici di lato 150 mm (Rck).

Le caratteristiche meccaniche sono di seguito descritte:

Classe di resistenza	32/40	(Rck= 40 N/mm <sup>2</sup> )
Classe di esposizione (UNI 9858)	2b	
Classe di esposizione (UNI 11104)	XC1	
Classe di consistenza	S4-S5	
Dimensione inerte max	15-25 mm	

### 5.5.2. Reologia degli impasti e granulometria degli aggregati

Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegati aggregati appartenenti a non meno di due classi granulometriche diverse. La percentuale di impiego di ogni singola classe granulometrica verrà stabilita dal produttore con l'obiettivo di conseguire i requisiti di lavorabilità e di resistenza alla segregazione. La curva granulometrica ottenuta

dalla combinazione degli aggregati disponibili, inoltre, sarà quella capace di soddisfare le esigenze di posa in opera richieste dall'impresa (ad esempio, pompabilità), e quelle di resistenza meccanica a compressione e di durabilità richieste per il conglomerato.

La dimensione massima dell'aggregato dovrà essere non maggiore di  $\frac{1}{4}$  della sezione minima dell'elemento da realizzare, dell'interfero ridotto di 5 mm, dello spessore del copriferro aumentato del 30% (in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici).

### 5.5.3. Rapporto acqua/cemento

Il quantitativo di acqua efficace da prendere in considerazione nel calcolo del rapporto a/c equivalente è quello realmente a disposizione dell'impasto, dato dalla somma di:

(aaggr) => quantitativo di acqua ceduto o sottratto dall'aggregato se caratterizzato rispettivamente da un tenore di umidità maggiore o minore dell'assorbimento (tenore di umidità che individua la condizione di saturo a superficie asciutta);

(aadd) => aliquota di acqua introdotta tramite gli additivi liquidi (se utilizzati in misura superiore a 3 l/mc) o le aggiunte minerali in forma di slurry;

(am) => aliquota di acqua introdotta nel mescolatore/betoniera;

ottenendo la formula:

$$a_{eff} = a_{aggr} + a_{add} + a_m$$

Il rapporto acqua/cemento sarà quindi da considerarsi come un rapporto acqua/cemento equivalente individuato dall'espressione più generale:

$$(c \cdot K \cdot c_v \cdot K \cdot f_s)$$

$$(a/c)_{eq} = a_{eff} / (c + K_{cv} \cdot c_v + K_{fs} \cdot f_s)$$

nella quale vengono considerate le eventuali aggiunte di ceneri volanti o fumi di silice all'impasto nell'impianto di betonaggio.

I termini utilizzati sono:

c => dosaggio per mc di impasto di cemento;

c<sub>v</sub> => dosaggio per mc di impasto di cenere volante;

f<sub>s</sub> => dosaggio per mc di impasto di fumo di silice;

K<sub>cv</sub> ; K<sub>fs</sub> => coefficienti di equivalenza rispettivamente della cenere volante e del fumo di silice desunti dalla norma UNI-EN 206-1 ed UNI 11104.

### 5.5.4. Lavorabilità

Il produttore del calcestruzzo dovrà adottare tutti gli accorgimenti in termini di ingredienti e di composizione dell'impasto per garantire che il calcestruzzo posseda al momento della consegna del calcestruzzo in cantiere la lavorabilità prescritta e riportata per ogni specifico conglomerato descritto nel DM. 2018.

Salvo diverse specifiche e/o accordi con il produttore del conglomerato la lavorabilità al momento del getto verrà controllata all'atto del prelievo dei campioni per i controlli d'accettazione della resistenza caratteristica convenzionale a compressione secondo le indicazioni riportate sulle Norme Tecniche sulle Costruzioni. La misura della lavorabilità verrà condotta in accordo alla UNI-EN 206-1 dopo aver proceduto a scaricare dalla betoniera almeno 0.3 mc di calcestruzzo. In accordo con le specifiche di capitolato la misura della lavorabilità potrà essere effettuata mediante differenti metodologie. In particolare la lavorabilità del calcestruzzo può essere definita mediante:

- Il valore dell'abbassamento al cono di Abrams (UNI-EN 12350-2) che definisce la classe di consistenza o uno slump di riferimento oggetto di specifica;
- la misura del diametro di spandimento alla tavola a scosse (UNI-EN 12350-5).

Salvo strutture da realizzarsi con particolari procedimenti di posa in opera (pavimentazioni a casseri scorrevoli, manufatti estrusi, etc.) o caratterizzate da geometrie particolari (ad esempio, travi di tetti a falde molto inclinate) non potranno essere utilizzati calcestruzzi con classe di consistenza inferiore ad S4/F4.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 20-30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere.

Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile della eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta. Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L. :

- respinto (l'onere della fornitura in tal caso spetta all'impresa esecutrice);
- accettato se esistono le condizioni, in relazione alla difficoltà di esecuzione del getto, per poter conseguire un completo riempimento dei casseri ed una completa compattazione.

Il tempo massimo consentito dalla produzione dell'impasto in impianto al momento del getto non dovrà superare i 90 minuti e sarà onere del produttore riportare nel documento di trasporto l'orario effettivo di fine carico della betoniera in impianto. Si potrà operare in deroga a questa prescrizione in casi eccezionali quando i tempi di trasporto del calcestruzzo dalla Centrale di betonaggio al cantiere dovessero risultare superiori ai 75 minuti. In questa evenienza si potrà utilizzare il conglomerato fino a 120 minuti dalla miscelazione dello stesso in impianto purché lo stesso possieda i requisiti di lavorabilità prescritti. Inoltre, in questa evenienza dovrà essere accertato preliminarmente dal produttore e valutato dalla D.L. che le resistenze iniziali del conglomerato cementizio non siano penalizzate a causa di dosaggi elevati di additivi ritardanti impiegati per la riduzione della perdita di lavorabilità.

## 5.6. Acciaio per getti

L'acciaio da cemento armato ordinario comprende:

- barre d'acciaio tipo B450C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$ ), rotoli tipo B450C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ );
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri  $\leq 16 \text{ mm}$  per il tipo B450C;
- reti elettrosaldate ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$ ) tipo B450C;
- tralicci elettrosaldati ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 12 \text{ mm}$ ) tipo B450C;

Ognuno di questi prodotti deve rispondere alle caratteristiche richieste dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.17/01/2018, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova, le condizioni di prova e il sistema per l'attestazione di conformità per gli acciai destinati alle costruzioni in cemento armato che ricadono sotto la Direttiva Prodotti CPD (89/106/CE).

L'acciaio deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, come prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

### 5.6.1. Requisiti

#### Saldabilità e composizione chimica

La composizione chimica deve essere in accordo con quanto specificato nella tabella seguente:

Tab. 11.3.II – Massimo contenuto di elementi chimici in %

		Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,014	0,012
Carbonio equivalente	C <sub>eq</sub>	0,52	0,50

Valori max di composizione chimica secondo D.M. 17/01/2018

### Proprietà meccaniche

Le proprietà meccaniche devono essere in accordo con quanto specificato nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Tab. 11.3.VIII

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli e trecce	Trefoli compattati
Tensione caratteristica al carico massimo $f_{pk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua - scostamento dalla proporzionalità $f_{p(0,1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	na	≥ 1420	na	na
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale ..... $f_{p(1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	na	na	≥ 1670	≥ 1620
Tensione caratteristiche di snervamento $f_{yk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥ 800	na	na	na
Allungamento totale percentuale a carico massimo $A_{gt}$	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5

na=non applicabile

Proprietà meccaniche secondo il D.M. 17/01/2018

### Resistenza a fatica in campo elastico

Le proprietà di resistenza a fatica garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni ripetute nel tempo.

La proprietà di resistenza a fatica deve essere determinata secondo UNI EN 15630.

Il valore della tensione  $s_{max}$  sarà 270 N/mm<sup>2</sup> (0,6  $f_{y,nom}$ ). L'intervallo delle tensioni,  $2\sigma$  deve essere pari a 150 N/mm<sup>2</sup> per le barre diritte o ottenute da rotolo e 100 N/mm<sup>2</sup> per le reti elettrosaldate. Il campione deve sopportare un numero di cicli pari a  $2 \times 10^6$ .

Resistenza a carico ciclico in campo plastico.

Le proprietà di resistenza a carico ciclico garantiscono l'integrità dell'acciaio sottoposto a sollecitazioni particolarmente gravose o eventi straordinari (es. urti, sisma etc.).

La proprietà di resistenza al carico ciclico deve essere determinata sottoponendo il campione a tre cicli completi di isteresi simmetrica con una frequenza da 1 a 3 Hz e con lunghezza libera entro gli afferraggi e con deformazione massima di trazione e compressione seguente:

Prova carico ciclico in relazione al diametro

Diametro nominale (mm)	Lunghezza libera	Deformazione (%)
$d \leq 16$	5	$d \pm 4$
$16 < d$	10	$d \pm 2,5$
$25 \leq d$	15	$d \pm 1,5$

La prova è superata se non avviene la rottura totale o parziale del campione causata da flessure sulla sezione trasversale visibili ad occhio nudo.

### Diametri e sezioni equivalenti

Il valore del diametro nominale deve essere concordato all'atto dell'ordine. Le tolleranze devono essere in accordo con il D.M. 17/01/2018.

Diametri nominali e tolleranze		
Diametro nominale (mm)	Da 6 a ≤ 8	Da > 8 a ≤ 50
Tolleranza in % sulla sezione	± 6	± 4,5

### Aderenza e geometria superficiale

I prodotti devono avere una superficie nervata in accordo con il D.M. 17/01/2018. L'indice di aderenza  $I_r$  deve essere misurato in accordo a quanto riportato nel paragrafo 11.2.2.10.4 del D.M. 17/01/2018. I prodotti devono aver superato le prove di Beam Test effettuate presso un Laboratorio Ufficiale (Legge 1086).

#### Valori dell'indice $I_r$ in funzione del diametro

Diametro nominale (mm)	$I_r$
$5 \leq \emptyset \leq 6$	$\geq 0.048$
$6 < \emptyset \leq 8$	$\geq 0.055$
$8 < \emptyset \leq 12$	$\geq 0.060$
$\emptyset > 12$	$\geq 0.065$

## 5.6.2. Controlli sull'acciaio

### Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai B450C saldabili e ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel D.M. 17/01/2018.

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dell'"Attestato di Qualificazione" rilasciato dal Consiglio Superiore dei LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale.

Per i prodotti provenienti dai Centri di trasformazione è necessaria la documentazione che assicuri che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal D.M. 17/01/2018.

Inoltre può essere richiesta la seguente documentazione aggiuntiva :

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;
- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (può essere inserito nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. In quest'ultimo caso per gli elementi presaldati, presagomati o preassemblati in aggiunta agli "Attestati di Qualificazione" dovranno essere consegnati i certificati delle prove fatte eseguire dal Direttore del Centro di Trasformazione. Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una

specificata marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera è tenuto a verificare quanto sopra indicato; in particolare dovrà provvedere a verificare la rispondenza tra la marcatura riportata sull'acciaio con quella riportata sui certificati consegnati. La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile e pertanto le forniture dovranno essere rifiutate.

## Controllo di accettazione

Il Direttore dei Lavori è obbligato ad eseguire i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere, in conformità con le indicazioni contenute nel D.M. 17/01/2018.

Il campionamento ed il controllo di accettazione dovrà essere effettuato entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale.

All'interno di ciascuna fornitura consegnata e per ogni diametro delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio di lunghezza complessiva pari a 100 cm ciascuno, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri diametri delle forniture presenti in cantiere.

Non saranno accettati fasci di acciaio contenenti barre di differente marcatura.

Il prelievo dei campioni in cantiere e la consegna al Laboratorio Ufficiale incaricato dei controlli verrà effettuato dal Direttore dei Lavori o da un tecnico da lui delegato; la consegna delle barre di acciaio campionate, identificate mediante sigle o etichettature indelebili, dovrà essere accompagnata da una richiesta di prove sottoscritta dal Direttore dei Lavori.

La domanda di prove al Laboratorio Ufficiale dovrà essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e dovrà inoltre contenere precise indicazioni sulla tipologia di opera da realizzare (pilastro, trave, muro di sostegno, fondazioni, strutture in elevazione ecc...).

Il controllo del materiale, eseguito in conformità alle prescrizioni del D.M. 17/01/2018, riguarderà le proprietà meccaniche di resistenza e di allungamento.

### Valori limite per prove acciaio

Caratteristica	Valore Limite	Note
$f_y$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	(450 – 25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	[450x(1.25+0.02)] N/mm <sup>2</sup>
Agt minimo	≥ 6.0%	Per acciai laminati a caldo
Rottura/snervamento	$1.13 < f_t/f_y < 1.37$	Per acciai laminati a caldo
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	Per tutti

Qualora la determinazione del valore di una quantità fissata in termini di valore caratteristico crei una controversia, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

Se un risultato è minore del valore caratteristico prescritto, sia il provino che il metodo di prova devono essere esaminati attentamente. Se nel provino è presente un difetto o si ha ragione di credere che si sia verificato un errore durante la prova, il risultato della prova stessa deve essere ignorato. In questo caso occorrerà prelevare un ulteriore (singolo) provino.

Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore caratteristico, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio di cui all'art.59 del D.P.R. n.380/2001.

Il lotto deve essere considerato conforme se la media dei risultati sui 10 ulteriori provini è maggiore del valore caratteristico e i singoli valori sono compresi tra il valore minimo e il valore massimo secondo quanto sopra riportato. In caso contrario il lotto deve essere respinto.

Qualora all'interno della fornitura siano contenute anche reti elettrosaldate, il controllo di accettazione dovrà essere esteso anche a questi elementi. In particolare, a partire da tre differenti reti elettrosaldate verranno prelevati 3 campioni di dimensioni 100\*100 cm.

Il controllo di accettazione riguarderà la prova di trazione su uno spezzone di filo comprendente almeno un nodo saldato, per la determinazione della tensione di rottura, della tensione di snervamento e dell'allungamento; inoltre, dovrà essere effettuata la prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo.

I controlli in cantiere sono facoltativi quando il prodotto utilizzato proviene da un Centro di trasformazione o luogo di lavorazione delle barre, nel quale sono stati effettuati tutti i controlli descritti in precedenza. In quest'ultimo caso, la spedizione del materiale deve essere accompagnata dalla certificazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni (es. indice di aderenza, saldabilità).

### 5.6.3. Lavorazioni in cantiere - Raggi minimi di curvatura

Il diametro minimo di piegatura deve essere tale da evitare fessure nella barra dovute alla piegatura e rottura del calcestruzzo nell'interno della piegatura.

Per definire i valori minimi da adottare ci si riferisce alle prescrizioni contenute nell'Euro-codice 2 paragrafo 8.3 "Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate"; in particolare si ha:

Diametri ammissibili dei mandrini per barre piegate	
Diametro barra	Diametro minimo del mandrino per piegature, uncini e ganci
$\varphi \leq 16 \text{ mm}$	$4 \varphi$
$> 16 \text{ mm}$	$7 \varphi$

### 5.6.4. Deposito e conservazione in cantiere

Alla consegna si avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 Km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette con appositi teli dall'azione dell'aerosol marino.

## 5.7. Acciaio per Carpenteria metallica

### 5.7.1. Caratteristiche minime dei materiali



PON METRO

	<b>Fe 360B S235</b>	<b>Fe 430B S275</b>	<b>Fe 510B S355</b>
<b>tensione di rottura</b>	360 N/mm <sup>2</sup> 3670 kg/cm <sup>2</sup>	430 N/mm <sup>2</sup> 4383 kg/cm <sup>2</sup>	510 N/mm <sup>2</sup> 5200 kg/cm <sup>2</sup>
<b>tensione di snervamento</b>	235 N/mm <sup>2</sup> 2396kg/cm	275 N/mm <sup>2</sup> 2803 kg/cm <sup>2</sup>	355 N/mm <sup>2</sup> 3618 kg/cm <sup>2</sup>
<b>tensione ammissibile per elementi di spessore &lt;</b>	160 N/mm <sup>2</sup> 1630 kg/cm <sup>2</sup>	190 N/mm <sup>2</sup> 1937 kg/cm <sup>2</sup>	240 N/mm <sup>2</sup> 2445 kg/cm <sup>2</sup>
<b>tensione ammissibile per elementi di spessore &gt;</b>	140 N/mm <sup>2</sup> 1427 kg/cm <sup>2</sup>	170 N/mm <sup>2</sup> 1733 kg/cm <sup>2</sup>	210 N/mm <sup>2</sup> 2140 kg/cm <sup>2</sup>
<b>tensione ammissibile per elementi di spessore &lt; 40mm soggetti a ad azioni</b>	180 N/mm <sup>2</sup> 1835 kg/cm <sup>2</sup>	214 N/mm <sup>2</sup> 2181 kg/cm <sup>2</sup>	270 N/mm <sup>2</sup> 2752 kg/cm <sup>2</sup>
<b>tensione ammissibile per elementi di spessore &gt; 40mm soggetti ad azioni</b>	157 N/mm <sup>2</sup> 1605 kg/cm <sup>2</sup>	191 N/mm <sup>2</sup> 1950 kg/cm <sup>2</sup>	236 N/mm <sup>2</sup> 2408 kg/cm <sup>2</sup>

	<b>C40</b>	<b>42CrMo4</b>	<b>39NiCrMo3</b>
<b>tensione di rottura</b>	630 N/mm <sup>2</sup>	930 N/mm <sup>2</sup>	930N/mm <sup>2</sup>
<b>tensione di snervamento</b>	400N/mm <sup>2</sup>	735 N/mm <sup>2</sup>	735N/mm <sup>2</sup>
<b>tensione ammissibile</b>	260N/mm <sup>2</sup>	490N/mm <sup>2</sup>	490N/mm <sup>2</sup>
<b>tensione ammissibile per elementi di spessore &gt; 40mm</b>	230N/mm <sup>2</sup>	420 N/mm <sup>2</sup>	450 N/mm <sup>2</sup> 4587 kg/cm2

5.7.2. Tensioni ammissibili secondo la UNI 7670 Rif. 5.1.1 e 5.1.2.

MATERIALI (Laminati UNI 7845)	Dimensioni mm	Tensione di rottura minima	Tension e di snerv. minima	Tensione ammiss. Per apparecchi di sollev.	Allungamento min. percent. %	Limite di fatica per verifica a fatica $\sigma_{D-1}$
S 235 JR	≤ 16	360~490	235	127	28	180
	>16 ≤ 40		225	122	28	
	>40 ≤ 63		215	116	27	
	>63 ≤ 80		205	111	26	
	>80 ≤ 100		205	111	26	
S 275 JR	≤ 16	430~560	275	149	24	-
	>16 ≤ 40		265	143	24	
	>40 ≤ 63		255	138	23	
	>63 ≤ 80		245	132	22	
	>80 ≤ 100		235	127	22	
S 355 JR	≤ 16	510~650	355	192	22	-
	>16 ≤ 40	490~630	345	186	22	
	>40 ≤ 63		335	181	21	
	>63 ≤ 80		325	176	20	
	>80 ≤ 100		315	170	20	
Fe 490	≤ 16	490~630	295	159	20	245
	>16 ≤ 40		285	154	20	
	>40 ≤ 63		275	149	19	
	>63 ≤ 80		-	-	18	-
	>80 ≤ 100		-	-	18	-
39NiCrMo3	≤ 16	980~1180	785	398	11	490
	>16 ≤ 40	930~1130	735	375	11	465
	>40 ≤ 63	880~1080	685	352	12	440
	>63 ≤ 80	830~980	635	329	12	415
	>80 ≤ 100	740~880	540	286	13	370

5.7.3. Bulloneria

Nelle unioni con bulloni si assumono le seguenti resistenze di calcolo:

STATO DI TENSIONE					
CLASSE VITE	$f_t$ ( $N/mm^2$ )	$f_y$ ( $N/mm^2$ )	$f_{k,N}$ ( $N/mm^2$ )	$f_{d,N}$ ( $N/mm^2$ )	$f_{d,V}$ ( $N/mm^2$ )
4.6	400	240	240	240	170
5.6	500	300	300	300	212
6.8	600	480	360	360	255
8.8	800	640	560	560	396
10.9	1000	900	700	700	495

$f_{k,N}$  è assunto pari al minore dei due valori  $f_{k,N} = 0.7 f_t$  ( $f_{k,N} = 0.6 f_t$  per viti di classe 6.8)

$f_{k,N} = f_y$  essendo  $f_t$  ed  $f_y$  le tensioni di rottura e di snervamento

$f_{d,N} = f_{k,N}$  = resistenza di calcolo a trazione  $f_{d,V} = f_{k,N} / \sqrt{2}$  = resistenza di calcolo a taglio

#### 5.7.4. Saldature

Su tutte le saldature è stato eseguito un controllo visivo e dimensionale. Le saldature più importanti (ad esempio le saldature delle giunzioni flangiate) sono state controllate a mezzo di particelle magnetiche e/o ultrasuoni.

Il filo di saldatura utilizzato è di tipo IT-SG3 (Saldature ad alta resistenza, fino a 600N/mm<sup>2</sup>), ed ha le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche meccaniche: R=590N/mm<sup>2</sup>; S=420N/mm<sup>2</sup>; KV (20°C) = 50J

Composizione chimica media: C = 0.08%; Mn = 1.4%; Si = 0.8%; P = 0.02%; S = 0.02%.

I saldatori utilizzati per la costruzione delle strutture sono certificati secondo la UNI EN 287/1.