

Qualora si debba provvedere al calcolo dell'ampiezza dei giunti e della corsa degli apparecchi d'appoggio, gli effetti del ritiro e della viscosità dovranno essere valutati incrementando del 50% i valori di cui al precedente capoverso.

### C) Resistenze parassite nei vincoli

In ciascun apparecchio d'appoggio mobile la reazione parassita è pari al prodotto della reazione verticale associata ai carichi verticali, permanenti e mobili, per il coefficiente di attrito " f " (da assumere in conformità a quanto prescritto dal Gestore dell'Infrastruttura). In particolare, nel seguito si adotterà la seguente nomenclatura:

$V_g$  = Reazione verticale massima associata ai carichi permanenti.

$V_q$  = Reazione verticale massima associata ai carichi mobili dinamizzati;

Per il dimensionamento degli apparecchi d'appoggio occorre considerare la massima reazione associata a questi effetti.

Per gli elementi sottostanti, spalle e pile, salvo valutazioni più accurate, dovrà considerarsi:

PER VIADOTTI A TRAVI SEMPLICEMENTE APPOGGIATE:

- Spalle:  $F_a = f(V_g + V_q)$ ;

- Pile: facendo riferimento all'apparecchio d'appoggio maggiormente caricato fra i due presenti sulla pila, si considererà agente  $F_a = f(0.2 \cdot V_g + V_q)$

PER PONTI A TRAVE CONTINUA:

In corrispondenza di ciascun apparecchio d'appoggio mobile si considererà agente  $F_a = f(V_g + 0.5 \cdot V_q)$

In corrispondenza di ciascun apparecchio fisso, dovendosi considerare l'eventualità, qualora più sfavorevole, che gli apparecchi di appoggio mobili di una stessa opera abbiano coefficienti di attrito " f " diversi tra loro, in assenza di dati sperimentali si ammetterà che alcuni appoggi abbiano un coefficiente di attrito pari alla metà di quello massimo ipotizzato.

Sulla base di tale ipotesi e con riferimento ai simboli della Fig. 6.3.17, sull'apparecchio d'appoggio fisso andrà considerata agente la seguente forza:

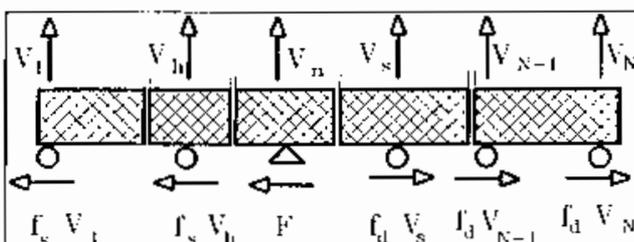


Fig. 6.3.17 - Resistenze parassite nei vincoli nel caso di travi continue

$$F = \sum_{h=1}^{h-1} f_s \cdot V_{gh} - \sum_{s=n+1}^N f_d \cdot V_{gs}$$



i coefficienti d'attrito  $f_s$  ed  $f_d$  si assumeranno considerando la più sfavorevole delle seguenti espressioni:

$$I) \begin{cases} f_s = 0.5 \cdot f \\ f_d = f \end{cases} \quad II) \begin{cases} f_s = f \\ f_d = 0.5 \cdot f \end{cases}$$

$V_{gh}$  e  $V_{gs}$  rappresentano le reazioni dei diversi appoggi mobili relativi alle sole azioni permanenti.

### 6.3.1.3 Particolari prescrizioni per le verifiche

Per tutto quanto non espressamente indicato nel presente paragrafo o non precisato nel documento nel suo complesso si rimanda alle specifiche predisposte dal Gestore dell'Infrastruttura

#### 6.3.1.3.1 CRITERI DI COMBINAZIONE DEI TRENI DI CARICO E DELLE AZIONI DA ESSI DERIVATE NEL CASO DI PIÙ BINARI

##### *Numero di binari*

Ciascun ponte dovrà essere progettato per il maggior numero di binari geometricamente compatibile con la larghezza dell'impalcato, a prescindere dai binari effettivamente presenti.

Le Autorità competenti specificheranno, in questo caso, il valore minimo da considerare per l'interbinario.

##### *Numero di treni contemporanei*

Nella progettazione dei ponti andrà considerata l'eventuale contemporaneità di più treni, secondo quanto previsto nella Tab. 6.3.-III. Considerando, in genere, sia il traffico normale che il traffico pesante.

**Tab. 6.3-III - Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte**

Numero di binari	Binari carichi	Traffico normale		Traffico pesante <sup>(2)</sup>
		caso a <sup>(1)</sup>	caso b <sup>(1)</sup>	
1	primo	1.0 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )	-	1.0 SW/2
	primo	1.0 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )	-	1.0 SW/2
2	secondo	1.0 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )	-	1.0 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )
	primo	1.0 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )	0.75 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )	1.0 SW/2
≥ 3	secondo	1.0 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )	0.75 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )	1.0 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )
	Altri	-	0.75 (I.M.71 <sup>+</sup> +SW/0 <sup>+</sup> )	-

<sup>(1)</sup> I.M.71<sup>+</sup>+SW/0<sup>+</sup> significa considerare il più sfavorevole fra i treni I.M.71, SW/0

<sup>(2)</sup> Salvo i casi in cui sia esplicitamente escluso

Per strutture con 3 o più binari dovranno considerarsi due distinte condizioni:

- la prima che prevede carichi solo due binari (primo e secondo) considerando gli effetti peggiori tra il caso "a" ed il traffico pesante;
- la seconda che prevede tutti i binari carichi con l'entità del carico corrispondente a quello fissato nel caso "b".

In generale, come "primo" binario si intende quello su cui disporre il treno più pesante per avere i massimi effetti sulla struttura. Per "secondo" binario si intende quello su cui viene disposto il secondo treno per avere, congiuntamente con il primo, i massimi effetti sulla struttura; pertanto, il "primo" e il "secondo" binario possono anche non essere contigui nel caso di ponti con 3 o più binari.

Qualora la presenza del secondo treno o, eventualmente, dei successivi, riduca l'effetto in esame, essi non vanno considerati presenti.

Per le verifiche delle inflessioni sul piano verticale e dei limiti di vibrazione dell'impalcato di cui al punto 1.7.4.2 andrà considerato un solo binario carico, qualunque sia il numero effettivo dei binari.

Tutti gli effetti delle azioni dovranno determinarsi con i carichi e le forze disposti nelle posizioni più sfavorevoli. Azioni che producano effetti favorevoli saranno trascurate (ad eccezione dei casi in cui si considerino i treni di carico SW i quali debbono considerarsi applicati per l'intera estensione del carico)<sup>(9)</sup>.

#### ***Simultaneità delle azioni da traffico - valori caratteristici delle azioni combinate in gruppi di carichi***

Gli effetti dei carichi verticali dovuti alla presenza dei convogli vanno sempre combinati con le altre azioni derivanti dal traffico ferroviario, adottando i coefficienti indicati in Tab. 6.3-IV.

Il carico verticale, nel caso di ponti con più binari, è quello che si ottiene con i treni specificati nella Tab. 6.3-III.

Nella valutazione degli effetti di interazione, alle azioni conseguenti all'applicazione dei carichi da traffico ferroviario si adotteranno gli stessi coefficienti parziali dei carichi che li generano.

---

<sup>(9)</sup> Tale indicazione vuole intendere che nella definizione del caricamento del ponte mentre per il treno di carico LM 71 è possibile procedere alla segmentazione del carico, caricando solo le zone del ponte che contribuiscono ad accrescere la caratteristica di sollecitazione cercata e lasciando scarico il resto (eliminazione degli effetti favorevoli), con i modelli di carico SW tale segmentazione non è possibile ed il carico va considerato nella sua interezza, come un unico elemento inseparabile.



Tab. 6.3-IV - Valutazione dei carichi da traffico

TIPO DI CARICO		Azioni verticali		Azioni orizzontali			COMMENTI
Riferimento		6.3.1.1.2 A)	6.3.1.1.2 A)	6.3.1.1.2 C)	6.3.1.1.2 C)	6.3.1.1.2 C)	
Gruppo di carico		Carico Verticale <sup>(1)</sup>	Treno scarico <sup>(1)</sup>	Frenatura ed avviamento	Centrifuga	Serpeggio	
Gruppi Di Carico <sup>(2)</sup>	gr. 1	1.0	-	0.5 (0.0)	1.0 (0.0)	1.0 (0.0)	massima azione verticale e laterale
	gr. 2	-	1.0	0.0	1.0 (0.0)	0.5 (0.0)	stabilità laterale
	gr. 3	1.0 (0.7)	-	1.0	0.5 (0.0)	0.5 (0.0)	massima azione longitudinale
	gr. 4	0.8	-	0.5 (0.0)	1.0	1.0 (0.0)	massima azione laterale
	gr. 5	0.5	-	0.5 (0.0)	0.5 (0.0)	1.0	effetti locali laterali
	gr. 6	0.8 (0.6; 0.4)	-	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	0.8 (0.6; 0.4)	fessurazione

Azione dominante

<sup>(1)</sup> Includendo tutti i fattori ad essi relativi ( $\Phi, \alpha$ , etc...)<sup>(2)</sup> La simultaneità di due o tre valori caratteristici interi (assunzione di diversi coefficienti pari ad 1), sebbene improbabile, è stata considerata come semplificazione per i gruppi di carico 1, 2, 3 e 4, senza che ciò abbia significative conseguenze progettuali.

I valori fra parentesi indicati nella Tab. 6.3-IV vanno assunti quando l'azione risulta favorevole nei riguardi della verifica che si sta svolgendo.

Nel caso di ponti con due o più binari, le azioni orizzontali saranno quelle che corrispondono a due soli binari caricati.

Il gruppo 6 è da considerarsi esclusivamente per le verifiche a fessurazione. I valori indicati fra parentesi si assumeranno pari a: (0.6) per impalcati con 2 binari caricati e (0.4) per impalcati con tre o più binari caricati.

**Ulteriori valori rappresentativi delle azioni da traffico ferroviario****VALORI RARI E FREQUENTI DELLE AZIONI DA TRAFFICO FERROVIARIO**

Le azioni derivanti da ciascuno dei gruppi di carico definiti nella Tab. 6.3-V sono da intendersi come un'unica azione caratteristica da utilizzarsi nella definizione dei valori rari e frequenti di cui al punto 1.7.4.2.1.

**VALORI QUASI-PERMANENTI DELLE AZIONI DA TRAFFICO FERROVIARIO**

I valori quasi permanenti delle azioni da traffico ferroviario possono assumersi uguali a 0.

**Azioni da traffico ferroviario in situazioni transitorie**

Nelle verifiche di progetto per situazioni transitorie dovute alla manutenzione dei binari o del ponte, i valori caratteristici delle azioni da traffico, caso per caso, sono da concordarsi con l'autorità ferroviaria.

**6.3.1.3.2 VERIFICHE ALLE TENSIONI**

Nel caso si proceda secondo il metodo alle tensioni vanno comunque soddisfatti i requisiti concernenti le deformazioni e le vibrazioni e vanno eseguite le verifiche relative alla fessurazione di elementi in c.a. e c.a.p. e le verifiche a fatica.

**Combinazioni di carico**

Le combinazioni di carico da considerare per le verifiche alle tensioni sono almeno quelle che si ottengono applicando i coefficienti riportati nella Tab. 6.3-V dove le grandezze indicate hanno il seguente significato:

$G_k$  = Valore caratteristico delle azioni permanenti: peso proprio, permanenti portati, altre azioni permanenti. Per la spinta delle terre, se favorevole, andrà considerato un fattore riduttivo pari a 0,6;

$P_k$  = Valore caratteristico della forza di precompressione e degli effetti dei cedimenti impressi appositamente introdotti in progetto;

$I_k$  = Valore caratteristico delle azioni indirette: distorsioni (a esclusione dei cedimenti impressi), ritiro, viscosità, resistenze parassite nei vincoli;

$Q_k$  = Valore caratteristico delle azioni legate al transito dei treni. Sono le azioni che corrispondono ad uno dei gruppi della Tab. 6.3 IV;

$T_k$  = Valore caratteristico delle azioni dovute alle variazioni termiche uniformi e differenziali combinate tra loro con i criteri indicati al punto 6.3.1.1.2 D);

$W_k$  = Valore caratteristico delle azioni del vento valutate come al punto 6.3.1.1.2 D);

$A_k$  = Valore caratteristico delle azioni eccezionali valutate come al punto 6.3.1.2.3, ad eccezione delle azioni sismiche.

Mentre le combinazioni da TA1 a TA4 vanno effettuate considerando tutti i gruppi di carico da 1 a 5 di cui alla Tab. 6.3-V, la combinazione TA5, relativa alla fessurazione, va effettuata portando in conto il solo gruppo di carico 6 della tabella di cui sopra.



**Tab. 6.3-V - Combinazioni delle azioni per il metodo delle Tensioni Ammissibili**

COMBINAZIONE	AZIONE						
	$G_k$	$P_k$	$I_k$	$Q_k$	$T_k$	$W_k$	$A_k$
TA1	1.0	1.0	1.0	1.0 <sup>(1)</sup>	0.6 <sup>(1)</sup>	0.6 <sup>(1)</sup>	0.0
TA2	1.0	1.0	1.0	0.8 <sup>(1)</sup>	1.0 <sup>(1)</sup>	0.6 <sup>(1)</sup>	0.0
TA3	1.0	1.0	1.0	0.0	0.6 <sup>(1)</sup>	1.0 <sup>(1)</sup>	0.0
TA4	0,75	1.0	1.0	0.7 <sup>(1)(2)</sup>	0.4 <sup>(1)</sup>	0.4 <sup>(1)</sup>	1.0
TA5	1.0	1.0	1.0	1.0 <sup>(1)</sup>	0.6 <sup>(1)</sup>	0.5 <sup>(1)</sup>	0.0

<sup>(1)</sup> Tale valore non andrà considerato ove fornisca un contributo favorevole alla verifica

<sup>(2)</sup> Ove si consideri il deragliamenti sull'impalcato del ponte, tale valore dovrà assumersi nullo.

La verifica a ribaltamento da operare con la combinazione TA4 dovrà fornire un coefficiente di sicurezza non inferiore a 2.

Per la verifica delle barriere antirumore andrà considerata la peggiore condizione tra TA1 e TA3 precisando che con  $Q_k$  si intendono gli effetti aerodinamici associati al transito dei treni.

Si precisa, infine, che per le barriere antirumore, per i relativi attacchi e per le strutture di supporto, come per tutte le strutture in fase di montaggio e varo, dovrà essere considerata anche la condizione di carico ad "opera scarica".

Particolari requisiti concernenti lo stato tensionale potranno essere definiti dal Gestore dell'Infrastruttura

### 6.3.1.3.3 VERIFICHE AGLI S.L.U. E S.L.E.

Per le verifiche agli stati limite ultimi si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 6.3-VI e i coefficienti di combinazione  $\psi_n$  in Tab. 6.3-VII

Tab. 6.3-VI - Coefficienti parziali per le azioni - S.L.U.

Azione	Simbolo	Situazione	
		P/T	E
Azioni permanenti quali: peso proprio di elementi strutturali e non (escluso il ballast), azioni derivanti dal terreno, dalle acque di falda, dalle acque superficiali, ritiro, viscosità, cedimenti <sup>(1)</sup>			
sfavorevole:	$\gamma_{Gsup}^{(1)}$	1.40	1.00
favorevole:	$\gamma_{Ginf}^{(1)}$	1.00	1.00
Azione permanente: BALLAST	$\gamma_{GBsup}$	1.80	1.00
	$\gamma_{GBinf}$	1.00	1.00
Precompressione <sup>(2)</sup>	$\gamma_{Psup}$	1.20	1.00
	$\gamma_{Pinf}$	0.90	1.00
Azione da traffico <sup>(3)</sup>			
favorevole:	$\gamma_Q$	0.00	0.00
sfavorevole:		1.50	1.00
Altre azioni variabili			
favorevoli:	$\gamma_Q$	0.00	0.00
sfavorevoli:		1.50	1.00
Azioni eccezionali e Azioni Sismiche	$\gamma_E$		1.00

**P** = Persistenti = situazione relative ad azioni correnti.

**T** = Transitorie = situazione relativa ad azioni di breve durata, da assumere in generale nulle, salvo casi specifici, da concordare con il Gestore dell'Infrastruttura.

**E** = Eccezionali = situazione relativa ad azioni eccezionali.

<sup>(1)</sup> Nei casi in cui la generica azione può fornire dei contributi che incrementano o decrementano l'azione di progetto introdotta nella verifica, occorrerà considerare il coefficiente  $\gamma_{sup}$  quando il suo contributo incrementa l'azione di progetto (contributo sfavorevole) ed il coefficiente  $\gamma_{inf}$  quando il suo contributo diminuisce l'azione di progetto (contributo favorevole).

<sup>(2)</sup> Quando lo stato di coazione è indotto per il tramite di deformazioni imposte alla struttura, si applicano gli stessi coefficienti parziali previsti per la precompressione.

<sup>(3)</sup> Le componenti delle azioni da traffico sono introdotte in combinazione considerando uno dei gruppi di carico  $g_i$ .

Per le verifiche dell'equilibrio statico (Ribaltamento impalcato, equilibrio globale delle spalle, etc.), le componenti favorevoli e sfavorevoli delle azioni debbono essere considerate come azioni individuali e, in mancanza di ulteriori specifiche, le componenti favorevoli dovranno essere moltiplicate rispettivamente per  $\gamma = 0.9$  e le componenti sfavorevoli per  $\gamma = 1.8$ .

Per le verifiche agli stati limite d'esercizio si adottano i valori dei coefficienti parziali in Tab. 6.3-VII.



Per la valutazione degli effetti dell'interazione si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per le azioni che provocano dette interazioni e cioè: temperatura, carichi verticali da traffico ferroviario, frenatura.

**Tab. 6.3-VII - Coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.**

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
AZIONI SINGOLE DA TRAFFICO	Carico sul rilevato a tergo delle spalle	0.80	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(1)</sup>	0.0
	Azioni aerodinamiche generate dal transito dei convogli	0.80	0.80	0.0
GRUPPI DI CARICO	$gr_1$	0.80 <sup>(2)</sup>	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(3)</sup>	0.0
	$gr_2$	1.00 <sup>(3)</sup>	-	-
	$gr_3$	0.80 <sup>(3)</sup>	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(3)</sup>	0.0
	$gr_4$	0.80 <sup>(3)</sup>	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(3)</sup>	0.0
	$gr_5$	0.80 <sup>(3)</sup>	0.80 (0.6; 0.4) <sup>(3)</sup>	0.0
AZIONI DEL VENTO	$F_{wk}$	0.60	0.50	0.0
AZIONI TERMICHE	$T_k$	0.60	0.60	0.50

<sup>(1)</sup> 0.80 se è carico solo un binario, 0.60 se sono carichi due binari e 0.40 se sono carichi tre o più binari

<sup>(2)</sup> Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0.0

In casi particolari, espressamente indicati dal Gestore dell'Infrastruttura, in luogo dei gruppi delle azioni da traffico ferroviario definiti in Tab. 6.3-IV possono considerarsi le singole azioni con i coefficienti di combinazione indicati in Tab. 6.3-VIII.

**Tab. 6.3-VIII - Ulteriori coefficienti di combinazione  $\psi$  delle azioni.**

Azioni		$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
AZIONI SINGOLE DA TRAFFICO	Treno di carico LM 71	0.80 <sup>(1)</sup>	(1)	0.0
	Treno di carico SW /0	0.80 <sup>(1)</sup>	0.80	0.0
	Treno di carico SW/2	0.0 <sup>(2)</sup>	0.80	0.0
	Treno scarico	1.00 <sup>(1)</sup>	-	-
	Centrifuga	(2) <sup>(3)</sup>	(2)	(2)
	Azione laterale (serpeggio)	1.00 <sup>(1)</sup>	0.80	0.0

(1) 0.80 se è carico solo un binario, 0.60 se sono carichi due binari e 0.40 se sono carichi tre o più binari.

(2) Si usano gli stessi coefficienti  $\psi$  adottati per i carichi che provocano dette azioni

(3) Quando come azione di base venga assunta quella del vento, i coefficienti  $\psi_0$  relativi ai gruppi di carico delle azioni da traffico vanno assunti pari a 0.0

Particolari requisiti concernenti lo stato tensionale potranno essere definiti dal Gestore dell'Infrastruttura

### 6.3.1.3.3.1 Requisiti concernenti le deformazioni e le vibrazioni

#### GENERALITÀ

I limiti forniti nel presente paragrafo tengono conto della circostanza che alcuni effetti sono compensati dalla manutenzione del binario, come, per esempio: cedimenti di fondazione, effetti della viscosità, etc.

#### STATI LIMITE DI SERVIZIO PER LA SICUREZZA DEL TRAFFICO FERROVIARIO

##### *Accelerazioni verticali dell'impalcato*

Questa verifica è richiesta per opere sulle quali la velocità di esercizio è superiore ai 250 km/h o quando la frequenza propria della struttura non è compresa nei limiti indicati al punto B). La verifica, quando necessaria, dovrà essere condotta considerando convogli reali, come specificato nel punto B).

In mancanza di ulteriori specificazioni, per ponti con armamento su ballast, non devono registrarsi accelerazioni verticali superiori a  $3.5 \text{ m/s}^2$  nel campo di frequenze da 0 a 20 Hz.

Quando la velocità di esercizio è minore o uguale a 250 km/h e la frequenza propria della struttura è compresa nei limiti indicati nel precedente punto B), il rischio di vibrazioni eccessive viene meno con il rispetto dei limiti forniti nella Tab. 6.3-X.

##### *Deformazioni torsionali dell'impalcato*

La torsione dell'impalcato del ponte è calcolata considerando il treno di carico LM 71 incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico.

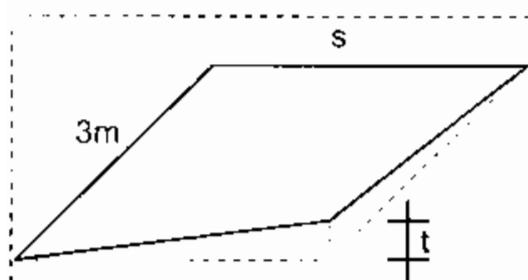


Fig. 6.3.18 Sghembo ammissibile

Il massimo sghembo, misurato su una lunghezza di 3 m e considerando le rotaie solidali all'impalcato (Fig.6.3.18), non deve eccedere i seguenti valori:

per  $V \leq 120 \text{ km/h}$ ;  $t \leq 4.5 \text{ mm/3m}$

per  $120 < V \leq 200 \text{ km/h}$ ;  $t \leq 3.0 \text{ mm/3m}$

per  $V > 200 \text{ km/h}$ ;  $t \leq 1.5 \text{ mm/3m}$

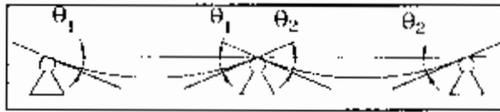
Per velocità  $V > 200 \text{ km/h}$  è inoltre richiesta la seguente verifica: per convogli reali, moltiplicati per il relativo incremento dinamico, deve risultare  $t \leq 1.2 \text{ mm/3m}$ .



In mancanza di ulteriori specifiche, lo sghembo complessivo dovuto alla geometria del binario (curve di transizione) e quello dovuto alla deformazione dell'impalcato, non deve comunque eccedere complessivamente i 6 mm/3 m.

#### *Inflessione nel piano verticale dell'impalcato*

Considerando la presenza del treno di carico LM 71, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico, e considerando la variazione di temperatura lineare lungo l'altezza dell'impalcato stabilita al punto D), il massimo angolo di rotazione all'estremità dell'impalcato, misurato in corrispondenza dell'asse del binario, non deve eccedere i seguenti valori:



**Fig. 6.3.19** - Rotazioni angolari d'estremità

a) per ponti con un solo binario

- $\theta_1 ; \theta_2$        $6.5 \cdot 10^{-3}$  rad per le zone di transizione impalcato-rilevato;
- $(\theta_1 + \theta_2) = 10.0 \cdot 10^{-3}$  rad fra due impalcati consecutivi.

b) per ponti a doppio binario

- $\theta_1 ; \theta_2$      $3.5 \cdot 10^{-3}$  rad per le zone di transizione impalcato-rilevato;
- $(\theta_1 + \theta_2) = 5.0 \cdot 10^{-3}$  rad      fra due impalcati consecutivi.

Per tutte le tipologie di ponti e per qualsiasi velocità lo spostamento orizzontale, conseguente all'inflessione per carichi verticali, del piano di regolamento o di posa del ballast o, nel caso di attacco diretto, del piano di posa delle rotaie, dovrà risultare non superiore a 8 mm<sup>(7)</sup>.

A titolo di esempio, per i ponti a via superiore, tale prescrizione si traduce nella seguente limitazione sulla rotazione di estremità:

$$\theta \leq \frac{8}{H} \quad [\text{rad}]$$

ove H [in mm] rappresenta la distanza del piano di regolamento del ballast o, nel caso di attacco diretto, del piano di posa della rotaia dal centro di rotazione dell'apparecchio di appoggio dell'impalcato.

Per quanto riguarda le travate metalliche, nel calcolo dello spostamento orizzontale potrà portarsi in conto la compartecipazione del tavolato nell'inflessione verticale.

Per ponti di qualunque tipologia strutturale e con velocità d'esercizio  $V > 200$  km/h, la precedente verifica dovrà essere integrata controllando che lo spostamento orizzontale

<sup>(7)</sup> Tale prescrizione, nel caso di doppio binario, va in generale rispettata per un solo binario carico. Nel caso si voglia applicare l'analisi semplificata (descritta nelle specifiche emanate dal Gestore dell'Infrastruttura), salvo specifiche diverse indicazioni fornite dallo stesso Gestore, la prescrizione va verificata con entrambi i binari carichi.

massimo a livello del P.F., conseguente al transito del convoglio reale incrementato del relativo coefficiente dinamico, sia inferiore a 2 mm.

Anche in questo caso, per ponti a via superiore, tale verifica si effettua controllando il rispetto dei seguenti limiti:

- $\theta_1; \theta_2 = 2.0 \cdot 10^{-3}/h$  rad per le zone di transizione impalcato-rilevato;
- $\theta_1 + \theta_2 = 4.0 \cdot 10^{-3}/h$  rad fra due impalcati consecutivi.

dove h in metri è la distanza fra il P.F. ed il centro di rotazione dell'apparecchio d'appoggio dell'impalcato.

#### *Inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato*

Considerando la presenza del treno di carico LM 71, incrementato con il corrispondente coefficiente dinamico, l'azione del vento, la forza laterale (serpeggio), la forza centrifuga e gli effetti della variazione di temperatura lineare fra i due lati dell'impalcato stabilita al punto 6.3.1.1.2 D), l'inflessione nel piano orizzontale dell'impalcato non deve produrre:

- una variazione angolare maggiore di quella fornita nella successiva Tab. 6.3-IX;
- un raggio di curvatura orizzontale minore dei valori di cui alla citata tabella.

Tab. 6.3-IX *Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura*

Velocità [km/h]	Variazione Angolare massima	Raggio minimo di curvatura	
		Singola campata	Più campate
$V \leq 120$	0.0035 rd	1700 m	3500 m
$120 < V \leq 200$	0.0020 rd	6000 m	9500 m
$200 \leq V$	0.0015 rd	14000 m	17500 m

Il raggio di curvatura, nel caso di impalcati a semplice appoggio, è dato dalla seguente espressione:

$$R = \frac{L^2}{8\delta_h}$$

dove  $\delta_h$  rappresenta la freccia orizzontale.

La freccia orizzontale deve includere anche l'effetto della deformazione della sottostruttura del ponte (pile, spalle e fondazioni), qualora esso induca effetto sfavorevole alla verifica.

#### STATI LIMITE PER IL COMFORT DEI PASSEGGERI

Il comfort di marcia per i passeggeri è controllato limitando i valori della freccia verticale dei ponti ferroviari in funzione della luce e del numero delle campate consecutive, dello schema statico del ponte e della velocità V di percorrenza del convoglio.

L'inflessione verticale deve calcolarsi in asse al binario, considerando il treno di carico LM 71 con il relativo incremento dinamico; in caso di ponte a doppio binario dovrà calcolarsi sempre la freccia in asse al binario carico, applicando un solo treno di carico LM 71 con il relativo incremento dinamico.



Nella successiva Tab. 6.3-X<sup>(8)</sup> sono riportati i valori limite di deformabilità, validi per viadotti con impalcati semplicemente appoggiati aventi 3 o più campate.

Per ottenere i valori limite di deformabilità per ponti a singola luce o a 2 luci si potranno moltiplicare i valori riportati nella Tab. 6.3-X per i seguenti coefficienti  $\alpha$ :

- per strutture con 1 campata  $\alpha = 1,5$
- per strutture con 2 campate  $\alpha = 1,2$

**Tab. 6.3-X** Valori limite del rapporto  $\delta/L$ , per viadotti con impalcati semplicemente appoggiati aventi 3 o più campate

Velocità del treno V [km/h]	Luce L [m]		
	L < 30	30 ≤ L ≤ 60	L > 60
V ≤ 160	f=1/1200	f=1/1400	f=1/1600
160 < V ≤ 200	f=1/1500	f=1/1700	f=1/1900
200 < V ≤ 250	f=1/1800	f=1/2000	f=1/2200
250 < V ≤ 350	f=1/2400	f=1/2800	f=1/3000

Per i ponti aventi luci  $\geq 30$  m, dovrà verificarsi che il raggio di curvatura del binario nel piano verticale per deformazioni verso il basso, non risulti inferiore a quello che induce sul mezzo una accelerazione pari a  $0,48 \text{ m/sec}^2$ .

Tali valori sono validi anche per impalcati a trave continua.

I requisiti particolari concernenti la fessurazione per strutture in c.a.a, c.a.p. e miste acciaio-calcestruzzo ed i requisiti concernenti lo scorrimento dei giunti in strutture in acciaio potranno essere definiti dal Gestore dell'Infrastruttura.

### 6.3.1.3.3.2 Verifiche a fatica

Per quanto riguarda le verifiche a fatica si rimanda alle prescrizioni del Gestore dell'Infrastruttura.

<sup>(8)</sup> Il comfort del passeggero dipende, nei casi usuali, dall'accelerazione verticale  $b_v$ , all'interno della vettura (cassa) durante il viaggio; in particolare, i valori riportati in Tab. 6.3-X sono stati ricavati da analisi parametriche di "runnability", nel rispetto dei limiti sottoriportati per l'accelerazione  $b_v$ , valutata in asse al carrello anteriore della 1<sup>a</sup> carrozza:

- accelerazione RMS  $b_v < 0,25 \text{ m/sec}^2$  filtrata secondo la norma ISO 2631
- accelerazione di picco  $b_v \leq 1 \text{ m/sec}^2$

Si precisa inoltre, che nelle analisi parametriche suddette sono state considerate le seguenti condizioni:

- variazione termica lineare sull'altezza del viadotto di  $5^\circ\text{C}$  per le campate fino a 60 m e di  $4^\circ\text{C}$  per le campate con  $L > 60$  m;
- difetti di binario secondo ORE B 176, considerando irregolarità grande per  $V \leq 160 \text{ km/h}$ , irregolarità media per  $160 < V \leq 250$ , piccola per  $250 < V \leq 350$ .

Impiegando strutture in c.a. e c.a.p. dovranno essere rispettate anche le limitazioni riportate nelle normative vigenti.

### 6.3.2. OPERE IN TERRA

Le opere in terra ferroviarie, sono costituite dai rilevati e dalle trincee.

#### 6.3.2.1 Rilevati

Il rilevato ferroviario deve garantire nel tempo il mantenimento del corretto assetto plano-altimetrico del binario.

Date le esigue tolleranze ammesse dal binario, al fine di garantire una sicura marcia dei veicoli ferroviari, è necessario che il rilevato abbia deformazioni contenute.

In sede di progettazione del rilevato ferroviario dovranno quindi essere studiati con cura i seguenti aspetti:

- cedimenti differenziali in una stessa sezione trasversale del rilevato, loro decorso nel tempo e le implicazioni sulla geometria della sede;
- andamento dei cedimenti in asse alla sede, con studio delle modifiche di livelletta;
- cedimenti del rilevato in adiacenza alle opere d'arte;
- zone di transizione rilevato - opere d'arte;
- decorso dei cedimenti primari e secondari nel tempo.

La programmazione dei lavori di costruzione dei rilevati ferroviari deve essere effettuata in modo tale che i cedimenti residui non siano superiori al 10% dei cedimenti teorici e comunque non superiori a 5 cm, anche nel caso in cui siano previsti interventi di bonifica e/o di consolidamento del terreno di posa.

Nel caso di rilevato ferroviario da realizzare in affiancamento e/o in appoggio ad un rilevato esistente, mantenendo quest'ultimo in esercizio durante i lavori, i cedimenti indotti nel binario esistente non devono superare i valori limite di esercizio della difettosità del binario riportati nelle apposite normative di settore emanate dal Gestore dell'Infrastruttura.

#### 6.3.2.1.1 COSTRUZIONE DEI RILEVATI

I rilevati ferroviari sono costituiti dalla fondazione, di supporto agli strati superiori, dal corpo del rilevato, formato da strati opportunamente costipati, e dalla parte sommitale del rilevato che è di appoggio alla sovrastruttura ferroviaria (ballast ed armamento). I requisiti del ballast devono essere conformi, oltre alle specifiche previste dal Gestore dell'Infrastruttura, alle norme europee contenute nella UNI EN 13450 del 2003. L'ultimo strato del rilevato prevede la posa di un sub-ballast che viene usualmente realizzato in conglomerato bituminoso.

Al fine di consentire un adeguato smaltimento delle acque meteoriche gli strati del rilevato, a costipazione ultimata, devono essere conformati a schiena d'asino con una idonea pendenza.

La sagoma è simmetrica rispetto all'asse della piattaforma nei tratti in rettilineo, mentre nei tratti in curva il vertice spartiacque è disassato in modo tale da ottimizzare il volume della massicciata, garantendo sempre e comunque lo spessore minimo previsto



sotto il piano di posa della traversa in corrispondenza dell'asse della rotaia più bassa (rotaia interna alla curva).

La pendenza delle scarpate del rilevato è 2/3. Queste dovranno essere ricoperte mediante stesa di un idoneo strato di spessore 30 cm di terreno vegetale onde consentirne l'inerbimento.

Nel caso di rilevati alti ( $H > 6.00$  m), si dovranno realizzare banche di larghezza minima 2.00 m ogni 6.00 m di altezza del rilevato. Per rilevati di altezza inferiore a 6 m la banca sarà inserita nel caso in cui essa risulti necessaria, a seguito di verifiche geotecniche, per la stabilità del rilevato e sarà realizzata secondo le specifiche indicazioni di dettaglio.

#### **6.3.2.1.2 FONDAZIONE DEI RILEVATI**

Il rilevato ferroviario dovrà essere fondato su terreni di sedime naturale o stabilizzati a seconda delle caratteristiche di deformabilità e resistenza degli stessi.

La progettazione e la costruzione di una nuova linea ferroviaria non può prescindere dalla perfetta conoscenza dei terreni del sito, che si ottiene con le indagini preliminari dirette ed indirette. In base agli esiti delle stesse dovranno essere definiti gli eventuali interventi di stabilizzazione e/o consolidamento.

La fondazione del rilevato prevede l'asportazione di uno strato di terreno avente spessore variabile e comunque non inferiore ai 50 cm (bonifica).

Qualora la presenza della falda lo richieda al di sopra della zona di bonifica si dispone uno strato drenante ed anticapillare generalmente protetto inferiormente da un geosintetico con funzione di filtrazione.

#### **6.3.2.1.3 IL CORPO DEI RILEVATI**

Il corpo del rilevato ferroviario deve essere costituito da strati di materiale idoneo con spessori tali da poter essere costipati sufficientemente in relazione al tipo di materiale impiegato. Per ottenere la "portanza" desiderata gli strati devono essere compattati alla massima densità in riferimento alla quantità d'acqua contenuta. Al fine di permettere un adeguato addensamento sono da escludersi materiali con tendenza allo sfaldamento ed all'alterazione naturale o meccanica ed i materiali monogranulari.

Nella progettazione e realizzazione dei rilevati ferroviari prevale il concetto dell'impiego di materiali con particolari caratteristiche di idoneità. Tali caratteristiche possono essere proprie dei materiali oppure conseguite tramite opportuni trattamenti.

Al riguardo si rimanda ai sistemi e metodologie di trattamento maggiormente utilizzate nel settore delle realizzazioni di opere in terra, come trattamento delle terre con calce e con cemento. Tali trattamenti sono finalizzati all'ottenimento di miscele di caratteristiche fisico-meccaniche tali che, dopo costipamento, risultino idonee per capacità portante e resistenza alla formazione di rilevati ferroviari.

Ricentrano nel settore dei materiali trattati anche quelli provenienti da scarti edilizi, dell'industria di prefabbricazione e di manufatti in calcestruzzo armato che, dopo riciclaggio in appositi impianti, possono risultare idonei alla formazione di opere in terra.

L'impiego in campo ferroviario dei materiali "non conformi" trattati o provenienti da riciclaggio dovrà essere conforme alle apposite prescrizioni espresse dal Gestore dell'Infrastruttura.

#### 6.3.2.1.4 PARTE SOMMITALE DEI RILEVATI

La realizzazione dei rilevati ferroviari prevede la formazione di un ultimo strato di terreno granulare di elevata "portanza", fortemente addensato così da sopportare agevolmente i carichi trasmessi dall'esercizio ed allo stesso tempo formare uno strato "chiuso" granulometricamente al fine di realizzare il facile deflusso delle acque meteoriche.

#### 6.3.2.1.5 SUB-BALLAST

Tra il ballast ferroviario e la superficie di piattaforma (parte sommitale del rilevato) dovrà essere interposto uno strato detto sub-ballast con funzione di:

- ripartire gradualmente i carichi;
- proteggere il corpo del rilevato dalle acque meteoriche di infiltrazione e dalle azioni prodotte dal gelo/disgelo;
- eliminare i carichi puntuali e quindi gli effetti di "rottura" del rilevato per l'azione penetrante degli elementi litoidi della massicciata ferroviaria;
- evitare l'inquinamento della massicciata causata dalla risalita del materiale fino.

In Tab. 6.3-XI si riportano le caratteristiche tecniche e di posa dei rilevati ferroviari.

Tab. 6.3-XI: Caratteristiche tecniche e di posa dei rilevati ferroviari

	LA (%)	Resistenza a trazione (daN/cm <sup>2</sup> )	Resistenza a compressione (daN/cm <sup>2</sup> )	Modulo di deformazione (MPa)	Densità di costipamento (%)	Equivalente in sabbia (%)
Subballast conglomerato bituminoso	≤30	-	-	E-4000-6000	98	≥70
Subballast misto cementato	-	≥2	15-40	-	95	-
Parte sommitale	-	-	-	80	98	25-50
Corpo del rilevato	-	-	-	20-40	95	-
Strato drenante ed anticapillare	-	-	-	20	-	≥70
Fondazione	-	-	-	20	-	-

#### 6.3.2.2 Zona di transizione rilevato-opere d'arte. Il blocco tecnico

Le zone di transizione tra le opere in terra, rilevati ferroviari, e le opere d'arte, ponti, sottovia, costituiscono punti singolari della linea ferroviaria su cui è necessario porre la dovuta attenzione: qualora esse non fossero adeguatamente realizzate, infatti, si avrebbe un puntuale ed improvviso cambiamento di rigidità verticale con conseguenze negative sulla marcia dei veicoli e sull'assetto dell'armamento.



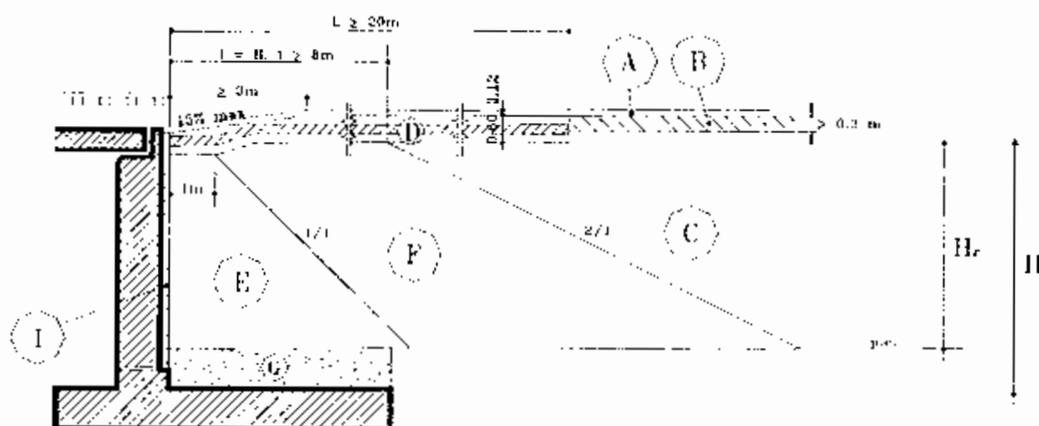
Al fine di evitare quanto detto e per graduare con continuità la rigidità del sottofondo dal rilevato all'opera d'arte, i rilevati ferroviari, in prossimità delle opere d'arte, prevedono una zona di transizione opportunamente realizzata, detta blocco tecnico.

La modalità di esecuzione del blocco tecnico dipende dal fatto che l'opera d'arte a cui il rilevato si accosta sia un'opera d'arte minore (sottovia) o maggiore (ponti e viadotti) e dal fatto che il rilevato sia stato costruito precedentemente o meno all'opera d'arte.

Si riportano in Fig. 6.3.20 due esempi di blocco tecnico: il primo (A) relativo al caso di rilevato costruito successivamente all'opera d'arte; il secondo (B) con rilevato realizzato precedentemente.

### REALIZZAZIONE DEL RILEVATO DOPO L'OPERA D'ARTE

BLOCCO TECNICO REALIZZATO PRIMA DELLA COSTRUZIONE DEL RILEVATO

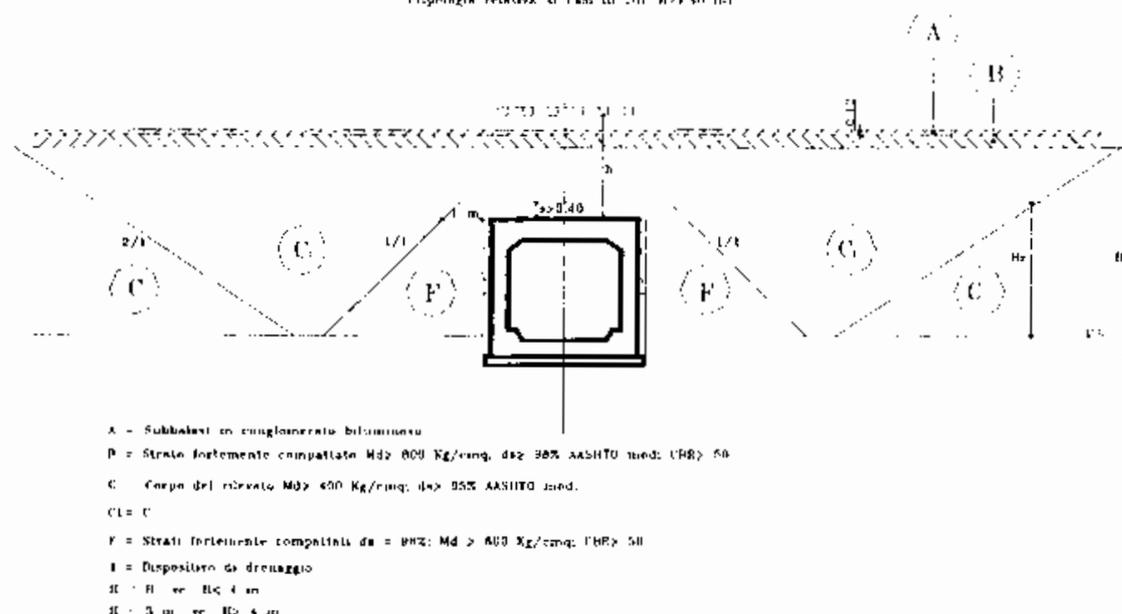


- A = Subbalast in conglomerato bituminoso
- B = Strato fortemente compattato M<sub>02</sub> 800 Kg/cm<sup>2</sup>; d<sub>50</sub>98% AASHTO mod, 4HR 250
- C = Corpo del rilevato M<sub>02</sub>400 Kg/cm<sup>2</sup>; d<sub>50</sub>95% AASHTO mod;
- D = Strati alternati di misto cementato e terreno fortemente compattato di spessore 20 cm ciascuno
- E = Strati di misto cementato da realizzare con spessore max 20 cm
- F = Strati di misto granuloso fortemente compattati d<sub>50</sub> = 98%, M<sub>02</sub> 2800 Kg/cm<sup>2</sup>; C<sub>06</sub>250, spessore max 30 cm
- G = Misto granuloso non legato, terreno tipo A1 - A5;
- I = Dispositivo di drenaggio
- H<sub>r</sub> = H se H ≤ 4 m
- H<sub>r</sub> = 3 m se H > 4 m

(A)

## REALIZZAZIONE DELL'OPERA D'ARTE DOPO IL RILEVATO

SECCO TECNICO (ZONE PUNTEGGIATE) REALIZZATO DOPO LA COSTRUZIONE DEL RILEVATO  
(Tipologia relativa al caso in cui  $H_0 < 40$  m)



(B)

Figura 6.3.20 - Esempi di soluzioni tecniche adottate per la zona di transizione rilevato ferroviario - opera d'arte

### 6.3.2.3 Trincee Ferroviarie

In merito al mantenimento delle caratteristiche geometriche, la trincea ferroviaria dovrà garantire le stesse prestazioni previste dai rilevati ferroviari.

Anche per le trincee la zona portante la sede è rappresentata dallo strato fortemente compattato e dal sub-ballast. Questi hanno le stesse caratteristiche di quelli impiegati nei rilevati ferroviari.

Lo strato fortemente compattato è posto direttamente sugli strati di fondazione della trincea a loro volta posti sui terreni del sito eventualmente stabilizzati con trattamenti specifici.

### 6.3.2.4 Studi Idrologici ed Idraulici per le opere di difesa della sede

Nella definizione degli studi idrologici ed idraulici è di fondamentale importanza l'opportuna definizione del periodo di riferimento per la determinazione dei valori di portata di progetto da assumersi nelle verifiche che dovranno essere conformi alle indicazioni che saranno date dal Gestore dell'Infrastruttura. In particolare andrà valutata l'importanza dell'opera e quindi il tempo di ritorno di riferimento sarà definito in funzione di:

- dimensioni del bacino imbrifero sotteso dalla sezione relativa all'opera in esame;
- importanza dell'opera e sua criticità nei confronti della sicurezza e regolarità di circolazione dei treni.



Per quanto riguarda i modelli da utilizzare nell'effettuazione degli studi idraulici, si dovrà fare uso almeno di una modellazione monodimensionale in moto permanente per le opere principali, mentre per le opere secondarie si potrà ricorrere a modelli semplificati in moto uniforme.

### 6.3.3. OPERE IN SOTTERRANEO

#### Sezione interna netta di una galleria ferroviaria

Le opere in sotterraneo (Gallerie naturali e/o artificiali) in campo ferroviario, così come quelle in terra, presentano caratteristiche peculiari tali da distinguerle dalle analoghe stradali e da richiedere conoscenze specialistiche proprie del mondo ferroviario nel momento in cui si deve giungere a definirne il progetto. In particolare nel progetto dell'opera sotterranea ferroviaria una specificità è riscontrabile nella progettazione della sua sezione interna netta, infatti, l'opera oltre a dover essere idonea a contrastare le spinte dei terreni, deve anche consentire la presenza al suo interno di dispositivi quali il binario, il profilo minimo d'impianto degli ostacoli stabilito sulla base del gabarit cinematico di progetto con le relative regole di calcolo, la sagoma limite dei pantografi a cui vanno aggiunte le distanze e gli spostamenti dinamici in relazione al tipo d'elettrificazione scelto, la posizione della linea di contatto per trazione elettrica, le apparecchiature di segnalamento, i sistemi di sicurezza. Inoltre, i fenomeni connessi con l'aerodinamica del treno rendono condizionante per il dimensionamento della sezione della galleria la valutazione delle variazioni di pressione percepite all'interno dei treni, nel contesto della sicurezza e del comfort degli organi dell'udito dei passeggeri. Infatti, al passaggio dei convogli sia agli imbocchi che all'interno dei tunnel ferroviari si manifestano fenomeni aerodinamici fortemente non lineari e non stazionari che possono indurre sensazioni di fastidio e/o dolore sugli organi uditivi e che quindi devono essere contenuti entro limiti ritenuti accettabili. La variazione massima di pressione (differenza tra i valori estremi di sovrappressione e di depressione lungo un treno, compresi eventuali effetti dovuti alla differenza di quota tra i due imbocchi della galleria) non deve superare i 10.000 Pascal, per l'intera durata del tragitto in galleria, alla velocità massima prevista all'atto della progettazione, anche nel caso in cui la tenuta stagna dei veicoli (se presente) sia difettosa. Tale condizione deve essere verificata anche nell'eventualità di presenza di più treni in galleria e nel caso di incrocio fra treni di qualsiasi natura (treni ad alta velocità, treni di servizio e altri treni) autorizzati a circolare in tale opera. A tale scopo dovranno essere verificate le sezioni delle gallerie per la velocità di progetto in relazione alle sezione trasversale del materiale rotabile preso a riferimento. Nel caso si preveda la realizzazione di dispositivi atti a ridurre le variazioni di pressione (sagomatura della sezione d'entrata in galleria, pozzi d'aerazione, ecc.) o nel caso di gallerie non critiche (gallerie molto corte o molto lunghe), è necessario eseguire uno studio specifico. Eventuali ulteriori elementi di dettaglio necessari alla definizione della sezione interna netta saranno forniti dal Gestore dell'Infrastruttura ferroviaria.

# **7. NORME PER LE OPERE INTERAGENTI CON I TERRENI E CON LE ROCCE, PER GLI INTERVENTI NEI TERRENI E PER LA SICUREZZA DEI PENDII**

## **7.1. DISPOSIZIONI GENERALI**

### **7.1.1. OGGETTO DELLE NORME**

Le presenti norme riguardano:

- a) il progetto, la realizzazione ed il collaudo delle opere interagenti con i terreni e con le rocce:
  - opere di fondazione delle strutture in elevato;
  - opere di sostegno;
  - opere in sotterraneo;
  - opere e manufatti di materiali sciolti naturali.
- b) il progetto, la realizzazione ed il collaudo degli interventi nei terreni e nelle rocce:
  - fronti di scavo;
  - miglioramento c/o consolidamento dei terreni e degli ammassi rocciosi;
  - consolidamento dei terreni interessanti opere esistenti.
- c) la valutazione della sicurezza dei pendii e la fattibilità di opere che hanno riflessi su grandi aree.

### **7.1.2. SCOPO DELLE NORME**

Le norme definiscono le procedure per garantire la sicurezza, la durabilità, la robustezza ed il rispetto delle condizioni di esercizio delle opere di cui al punto 7.1.1.

### **7.1.3. PRESCRIZIONI GENERALI**

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito ed essere basati su una preventiva modellazione geotecnica dei terreni, ottenuta attraverso specifici studi, rilievi, indagini e prove.

Le indagini per la caratterizzazione del sito, per la definizione del modello geologico e per la modellazione geotecnica del terreno vanno commisurate all'importanza ed all'estensione dell'opera e alle conseguenze che gli interventi possono produrre sull'ambiente circostante, in tutte le fasi realizzative e ad opera ultimata, con particolare riferimento alle opere esistenti.



I risultati degli studi, delle indagini e delle modellazioni geotecniche debbono essere esposti in specifici distinti documenti.

Qualora le indagini integrative, effettuate durante l'esecuzione dell'opera, comportino una revisione della caratterizzazione geotecnica di progetto, questo andrà aggiornato alle nuove conoscenze, nello spirito del metodo "osservazionale".

Qualora l'opera ed i suoi effetti sul terreno abbiano grande rilevanza, occorre approntare un programma di monitoraggio che preveda un congruo periodo di osservazione anche dopo la fine della costruzione dell'opera.

## **7.2. ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO**

Il progetto delle opere interagenti con il terreno deve articolarsi nelle seguenti fasi:

- modellazione geologica del sito;
- indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica;
- scelta della tipologia e tecnologia degli interventi e loro dimensionamento;
- descrizione delle fasi e delle modalità costruttive;
- verifiche della sicurezza e delle prestazioni;
- piani di controllo e monitoraggio delle principali grandezze (spostamenti assoluti e relativi dell'opera interagente con il terreno e della struttura in elevato, carichi piezometrici, ecc).

### **7.2.1. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO**

Il modello geologico del sito deve essere orientato alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici, litologici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte del progettista, delle problematiche geotecniche a piccola e grande scala e del programma delle indagini.

Il modello geologico di riferimento sarà validato e supportato da indagini specifiche in funzione dell'importanza dell'opera.

### **7.2.2. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA**

La caratterizzazione geotecnica consiste nella individuazione, in funzione del tipo di opera e/o di intervento, delle caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche del terreno, necessarie alla definizione del modello geotecnico, alla valutazione della sicurezza, della funzionalità in relazione alle prestazioni attese, durabilità e robustezza delle opere.

I parametri fisici e meccanici da attribuire ai terreni, espressi questi ultimi attraverso valori caratteristici, devono essere desunti da specifiche prove eseguite in laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e/o attraverso l'elaborazione dei risultati di prove e misure in sito.

È responsabilità del progettista definire il piano delle indagini e la caratterizzazione geotecnica corrispondente alle diverse fasi del progetto (preliminare, definitivo ed esecuti-

vo), tenendo conto anche delle ulteriori indagini e studi che dovranno essere svolte durante l'esecuzione dell'opera.

Le indagini e le prove devono essere eseguite e certificate da laboratori autorizzati di cui al comma 2 dell'art.59 del DPR 6.6.2001 n.380. I laboratori su indicati faranno parte dell'elenco dei laboratori Ufficiali depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione potrà essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista sulle ipotesi e sulle scelte progettuali.

### **7.2.3. SCELTA DELLA TIPOLOGIA E TECNOLOGIA DEGLI INTERVENTI E LORO DIMENSIONAMENTO**

Le scelte progettuali, fatta salva l'importanza degli aspetti economici, devono essere basate su una caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, sulle tecnologie disponibili, sulla effettiva costruibilità e sugli obiettivi prestazionali da soddisfare.

### **7.2.4. DESCRIZIONE DELLE FASI E DELLE MODALITÀ COSTRUTTIVE**

Il progetto dell'opera deve esaminare con completezza tutte le fasi costruttive, individuando eventuali aspetti di criticità e il loro effetto sull'ambiente circostante.

### **7.2.5. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI**

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) vanno effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure, illustrati nei paragrafi successivi.

#### **7.2.5.1 Verifiche nei confronti degli stati limiti ultimi (SLU)**

Deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

ove  $E_d$  è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e  $R_d$  è il valore di progetto della resistenza del terreno. Nella verifica della suddetta condizione, si richiama quanto specificato al paragrafo 2.3, ovvero che il progettista e/o il Committente possono utilizzare modelli di calcolo diversi da quelli indicati nel seguito, purchè vengano rispettati i livelli di sicurezza e di prestazioni attese del presente Capitolo.

La resistenza  $R_d$  è determinata:

- A. in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici di resistenza, divisi per il coefficiente parziale  $\gamma_m$  specificato nella successiva tabella 7.2.1;
- B. sulla base di misure dirette, tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.



Tab. 7.2.I Coefficienti parziali per i parametri del terreno.

PARAMETRO	PARAMETRO AL QUALE APPLICARE IL COEFF. PARZIALE	COEFF. PARZIALE	
		$\gamma_m$	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}=1,00$	$\gamma_{\varphi'}=1,25$
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}=1,00$	$\gamma_{c'}=1,25$
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}=1,00$	$\gamma_{cu}=1,40$
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_c=1,00$	$\gamma_c=1,00$

Per le rocce ed i materiali lapidei non fratturati la resistenza può essere rappresentata dalla resistenza a compressione uniassiale  $q_u$ . Al valore caratteristico dovrà essere applicato un coefficiente parziale  $\gamma_{qu} = 1,6$ . Per le rocce e per i terreni a struttura complessa, il valore di progetto della resistenza deve essere rappresentativo del comportamento dell'ammasso.

L'estrapolazione dei risultati di prove su modello deve essere accompagnata dalla verifica della corrispondenza delle condizioni di prova a quelle reali.

### 7.2.5.2 Azioni

Le azioni ed i relativi coefficienti parziali  $\gamma_f$  sono indicati nella Tabella 7.2.II.

I coefficienti di combinazione  $\psi$  vanno assunti come specificato nei Capitoli 2 e 3.

Tab. 7.2.II - Coefficienti parziali relativi alle azioni per le verifiche di stati limite ultimi (SLU)

AZIONE	SIMBOLO $\gamma_f$	COEFFICIENTE PARZIALE (A1)	COEFFICIENTE PARZIALE (A2)
Permanente sfavorevole	$\gamma_G$	1,4	1,0
Permanente favorevole		1,0	1,0
Variabile sfavorevole	$\gamma_Q$	1,5	1,3
Variabile favorevole		0	0

Solitamente, ma non necessariamente, i coefficienti della colonna A1, combinati con quelli della colonna M1 della Tabella 7.2.I, sono rilevanti per stabilire la capacità strutturale delle opere che interagiscono con il terreno, mentre i coefficienti della colonna A2, combinati con quelli della colonna M2 della Tabella 7.2.I, sono rilevanti per il dimensionamento geotecnico. Tranne nei casi in cui una delle due combinazioni sia manifestamente più restrittiva, le verifiche degli stati limite SLU devono essere condotte con entrambe le combinazioni (A1+M1 e A2+M2). Fanno eccezione i pali e gli ancoraggi, per i quali valgono i criteri riportati nei relativi paragrafi.

Nelle verifiche al galleggiamento, i relativi coefficienti parziali sono indicati nella Tabella 7.2.III.

**Tab. 7.2.III** - Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di galleggiamento.

AZIONE	SIMBOLO	COEFFICIENTE PARZIALE GALLEGGIAMENTO
Permanente sfavorevole	$\gamma_G$	1,0
Permanente favorevole		0,9
Variabile sfavorevole	$\gamma_Q$	1,5
Variabile favorevole		0

### 7.2.5.3 Verifiche nei confronti degli stati limiti di esercizio (SLE)

Le opere interagenti con i terreni devono essere verificate nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative alle deformazioni compatibili e le prestazioni attese dell'opera stessa.

Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno-struttura è funzione dell'importanza dell'opera.

### 7.2.6. MONITORAGGIO DEL COMPLESSO OPERA-TERRENO

Il monitoraggio del complesso opera-terreno consiste nella installazione di un'appropriata strumentazione e nella misura di grandezze fisiche significative, quali ad esempio spostamenti, pressioni neutre ecc., prima, durante e dopo la costruzione del manufatto.

Il monitoraggio deve consentire di verificare la corrispondenza tra le ipotesi progettuali e i comportamenti osservati e di controllare il comportamento delle opere nel tempo.

## 7.3. OPERE INTERAGENTI CON I TERRENI E CON LE ROCCE

### 7.3.1. FONDAZIONI DELLE STRUTTURE IN ELEVATO

Le scelte progettuali per le opere di fondazione vanno fatte contestualmente e congruentemente con quelle delle strutture in elevato.

Le strutture di fondazione devono rispettare le verifiche agli stati limite ultimi e di servizio e di durabilità.

Nel caso di opere situate su pendii o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere verificata anche la stabilità globale del pendio in assenza ed in presenza dell'opera e di eventuali scavi, riporti o interventi di altra natura, necessari alla sua realizzazione.

#### 7.3.1.1 Fondazioni dirette

Fondazioni dirette o superficiali sono quelle che trasferiscono l'azione proveniente dalla struttura in elevato agli strati superficiali del terreno.



La profondità del piano di posa della fondazione deve essere scelta in relazione alle caratteristiche ed alle prestazioni da raggiungere della struttura in elevato, alle caratteristiche dei terreni ed alle condizioni idrogeologiche.

Il piano di fondazione deve essere posto al di fuori del campo di variazioni significative di contenuto d'acqua del terreno ed essere sempre posto a profondità tale da non risentire di fenomeni di erosione o scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale.

#### VERIFICA DI SICUREZZA (SLU DEL COMPLESSO FONDAZIONE-TERRENO)

Deve essere rispettata la condizione di cui al paragrafo 7.2.5.1., nella quale le azioni di calcolo, ottenute applicando i coefficienti del caso A1 (A2), sono confrontate con la resistenza di progetto  $R_d$ , ottenuta applicando i coefficienti del caso M1 (M2), in base a quanto specificato al paragrafo 7.2.5.2.

Per i terreni grana fine, la precedente condizione deve essere verificata sia a breve che a lungo termine.

#### VERIFICHE IN CONDIZIONI DI ESERCIZIO (SLE)

Il progetto deve indicare l'entità degli spostamenti e delle distorsioni, compatibili con la funzionalità della struttura in elevato, e deve essere sviluppato in modo che gli spostamenti attesi e le distorsioni risultino inferiori a quelle compatibili. Si intendono tali gli spostamenti e le distorsioni che non provocano effetti incompatibili con la durabilità e l'esercizio dell'opera, nelle diverse condizioni di carico.

Dimensioni, forma e rigidità della struttura di fondazione devono essere stabilite nel rispetto delle prestazioni specificate in progetto, tenendo presente che i requisiti legati allo SLE possono risultare più restrittivi di quelli legati allo SLU.

### 7.3.1.2 Fondazioni su pali

Fondazioni indirette o su pali sono quelle che trasferiscono l'azione della struttura in elevato agli strati profondi del terreno.

Il progetto di una fondazione su pali comprende la scelta del tipo di palo e delle relative tecnologie e modalità di esecuzione, il dimensionamento dei pali e delle relative strutture di collegamento, tenendo conto degli effetti di gruppo.

#### 7.3.1.2.1 VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)

Deve essere rispettata la condizione di cui al paragrafo 7.2.5.1. In particolare, ottenute le azioni di calcolo tramite l'applicazione dei coefficienti del caso A2, la resistenza di calcolo  $R_d$  del palo singolo può essere determinata con:

- metodi di calcolo analitici, dove  $R_d$  viene calcolato con riferimento ai parametri del terreno, ottenuti da prove sperimentali, oppure tramite metodi empirici che utilizzano direttamente il risultato di prove in sito (prove penetrometriche, ecc.);
- risultati di prove di carico statico su pali di prova;
- metodi di calcolo basati sull'osservazione del comportamento dei pali durante la battitura.

(a) Con riferimento alle procedure che prevedono l'utilizzo diretto dei risultati di prove in sito, il valore caratteristico della resistenza a compressione  $R_{c,k}$  e a trazione  $R_{t,k}$  sarà

dato dal minore dei valori ottenuti applicando i coefficienti di riduzione  $\xi_3, \xi_4$ , riportati nella Tabella 7.3.III, alle resistenze  $R_{c,cal}$  dedotte dai risultati delle suddette prove, ossia:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}; \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\}$$

La resistenza di progetto si otterrà applicando alla resistenza caratteristica i coefficienti parziali  $\gamma_R$  della Tabella 7.3.I.

Analoga procedura si seguirà nel caso  $R_{c,cal}$  derivi dall'utilizzo dei parametri meccanici del terreno, assunti con i loro valori caratteristici.

(b) Quando si determina il valore caratteristico della resistenza  $R_{c,k}$  dalla resistenza  $R_{c,m}$  misurata nel corso di una o più prove di carico, il valore caratteristico della resistenza a compressione e a trazione sarà pari al minore dei valori ottenuti applicando i coefficienti di riduzione  $\xi$ , riportati nella Tabella 7.3.II:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,m})_{media}}{\xi_1}; \frac{(R_{c,m})_{min}}{\xi_2} \right\}$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,m})_{media}}{\xi_1}; \frac{(R_{t,m})_{min}}{\xi_2} \right\}$$

Il valore di calcolo della resistenza risulterà quindi pari a  $R_d = R_k / \gamma_R$ , con i valori dei coefficienti parziali  $\gamma_R$  riportati nella Tabella 7.3.I.

**Tab. 7.3.I** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche dei pali da applicare alle resistenze caratteristiche desunte da prove di carico

RESISTENZA	SIMBOLO $\gamma_R$	PALI INFISSI	PALI TRIVELLATI	PALI A ELICA CONTINUA
Punta	$\gamma_b$	1,35	1,6	1,45
Laterale (compressione)	$\gamma_s$	1,35	1,3	1,30
Totale (compressione)	$\gamma_t$	1,35	1,5	1,40
Laterale in trazione	$\gamma_{st}$	1,60	1,6	1,60



**Tab. 7.3.II - Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali dai risultati di prove di carico statico**

n - numero di prove di carico	1	2	3	4	$\geq 5$
$\xi_1$	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
$\xi_2$	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

**Tab. 7.3.III - Coefficienti di riduzione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica dei pali dai risultati di prove in sito**

n = numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	10
$\xi_3$	1,40	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
$\xi_4$	1,40	1,27	1,23	1,20	1,15	1,12	1,08

(c) Nel caso infine si faccia riferimento a formule dinamiche, utilizzando i risultati di misure effettuate nel corso dell'infissione dei pali, la validità dell'approccio dovrà essere documentata da precedenti esperienze, basate sul comportamento di pali simili, installati in circostanze analoghe, o basate sul confronto con prove di carico.

Oltre alle verifiche della capacità portante dell'insieme palo-terreno, occorrerà procedere alla verifica del palo quale componente strutturale.

#### 7.3.1.2.2. Verifiche in condizioni di esercizio - SLE

Vale quanto riportato per le fondazioni dirette, tenendo conto del diverso grado di mobilitazione della portata di base e della portata per attrito lungo il fusto, in funzione del livello di carico applicato.

Nel progetto di una fondazione su pali è ammesso l'impiego dei pali con funzione di riduzione o regolazione dei cedimenti. In questo caso, il carico limite della fondazione dev'essere valutato con riferimento alla sola piastra.

#### 7.3.1.2.3 ASPETTI COSTRUTTIVI

Nel progetto si deve tenere conto dei vari aspetti che possono influire sull'integrità e sul comportamento dei pali, quali la distanza relativa, la sequenza di installazione, i problemi di rifluimento e sifonamento nel caso di pali trivellati, l'addensamento del terreno con pali battuti, l'azione del moto di una falda idrica o di sostanze chimiche presenti nell'acqua o nel terreno sul conglomerato dei pali gettati in opera, la connessione dei pali alla struttura di collegamento.

#### 7.3.1.2.4 CONTROLLI - PROVE DI CARICO

Le prove per la determinazione del carico limite ultimo del singolo palo (prove di progetto), devono essere spinte a valori del carico assiale tali da consentire di tracciare diagrammi significativi per la ricerca del carico limite ultimo sulla base dei cedimenti della testa del palo in funzione dei carichi applicati; in ogni caso si devono raggiungere valori pari ad almeno 2 volte il carico assiale massimo di esercizio.

Se si esegue una sola prova di carico di progetto, questa deve essere ubicata dove le condizioni del terreno sono più sfavorevoli.

Sui pali di fondazione vengono eseguite prove di carico statiche di collaudo per controllare se il comportamento dei pali corrisponde a quello previsto in progetto. Queste prove devono essere spinte ad un carico assiale almeno pari a 1.5 volte il carico assiale massimo di esercizio. Per i pali di grosso diametro si potrà ricorrere a prove eseguite su pali aventi la stessa lunghezza ma diametro inferiore, purchè adeguatamente motivate.

Il numero e l'ubicazione delle prove di carico di collaudo devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo; in ogni caso il numero di prove deve essere pari ad almeno l'1 % del numero totale di pali con un minimo di 2.

Ai fini della valutazione dell'integrità del palo possono essere eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e controlli non distruttivi.

### 7.3.2 OPERE DI SOSTEGNO

Le norme si applicano a tutte le opere ed interventi aventi lo scopo di sostenere un fronte di terreno instabile:

- muri, per i quali la funzione di sostegno è affidata al peso proprio ed a quello del terreno direttamente gravante su di esso (muri a gravità, muri a mensola, muri a contraforti);
- paratie, per le quali la funzione di sostegno è assicurata principalmente dalla resistenza a flessione della struttura, dalla reazione di volumi di terreno e da eventuali ancoraggi;
- strutture miste, che esplicano la funzione di sostegno anche per effetto di trattamenti di miglioramento e per la presenza di particolari elementi di rinforzo e collegamento (terra armata; terra rinforzata; muri cellulari; ecc).

#### 7.3.2.1 Criteri generali di progetto

La scelta del tipo di opera di sostegno deve essere effettuata in funzione dei requisiti di funzionalità, delle caratteristiche meccaniche dei terreni, delle loro condizioni di stabilità, di quelle dei materiali di riporto, della incidenza sulla sicurezza di dispositivi complementari (rinforzi; drenaggi; tiranti ed ancoraggi) e delle fasi costruttive.

La stabilità dei manufatti deve essere garantita con adeguati margini di sicurezza nelle diverse combinazioni di azioni, anche nel caso di parziale perdita di efficacia di dispositivi particolari quali sistemi di drenaggio superficiali e profondi, tiranti ed ancoraggi. Per tutti questi interventi dovrà comunque essere predisposto un dettagliato piano di controllo e monitoraggio, nei casi in cui la loro perdita di efficacia configuri scenari di rischio.

In presenza di costruzioni già esistenti, il comportamento dell'opera di sostegno deve garantirne i previsti livelli di funzionalità e stabilità. In particolare, nel caso in cui in fase costruttiva o a seguito della adozione di sistemi di drenaggio sia previsto l'abbassamento del livello della falda idrica, si devono verificare anche gli effetti indotti dal mutato regime delle pressioni interstiziali.



Le indagini geotecniche dovranno avere estensione tale da consentire la verifica delle condizioni di stabilità locale e globale del complesso opera-terreno, tenuto conto anche di eventuali moti di filtrazione.

### 7.3.2.2 Verifiche di sicurezza

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve che a lungo termine. In particolare, per i muri di sostegno o per le altre strutture miste ad essi assimilabili devono essere effettuate le verifiche di stabilità con riferimento a cinematismi riconducibili allo scivolamento sul piano di posa, al ribaltamento ed alla rottura dell'insieme fondazione-terreno, nonché la verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno terreno.

#### VERIFICA DI SICUREZZA ( SLU)

Deve risultare rispettata la condizione di cui al paragrafo 7.2.5.1. e la verifica deve essere condotta secondo la lettera A dello stesso paragrafo, con le azioni di calcolo determinate applicando i coefficienti del caso A1 (A2), confrontate con la resistenza di calcolo, determinata applicando i coefficienti del caso M1 (M2).

In generale, le ipotesi di calcolo delle spinte devono essere giustificate sulla base dei prevedibili spostamenti relativi manufatto-terreno. Ai fini della verifica alla traslazione sul piano di posa di muri di sostegno con fondazioni superficiali non si terrà conto in generale del contributo di resistenza del terreno antistante il muro. In casi particolari, da giustificare con considerazioni relative alle caratteristiche meccaniche dei terreni e alle modalità costruttive, la presa in conto di un'aliquota di tale resistenza sarà subordinata all'assunzione di effettiva permanenza di tale contributo, nonché alla verifica che gli spostamenti necessari alla mobilitazione di tale aliquota siano compatibili con le prestazioni attese dell'opera.

Per le paratie, i calcoli di progetto devono comprendere la verifica degli eventuali ancoraggi, puntoni o strutture di controventamento. La stabilità del fondo dello scavo deve essere verificata nei riguardi di fenomeni di rottura per sollevamento o per sifonamento. I criteri di sicurezza adottati devono essere commisurati anche al livello di rappresentatività del modello di calcolo adottato e agli scenari di rischio.

Nel caso di strutture miste o composite le verifiche di stabilità globale devono essere accompagnate da verifiche di funzionalità e durabilità degli elementi singoli.

### 7.3.2.3. Verifiche di esercizio - (SLE)

In tutti i casi, nelle condizioni di esercizio, gli spostamenti dell'opera di sostegno e del terreno circostante devono essere valutati per verificarne la compatibilità con la funzionalità dell'opera e di quella di manufatti adiacenti, anche a seguito di modifiche indotte sul regime delle acque sotterranee.

In presenza di manufatti particolarmente sensibili agli spostamenti dell'opera di sostegno, deve essere sviluppata una specifica analisi dell'interazione tra opere e terreno, tenendo conto della sequenza delle fasi costruttive.

### 7.3.3. TIRANTI DI ANCORAGGIO

I tiranti di ancoraggio sono elementi strutturali opportunamente collegati al terreno, in grado di sostenere forze di trazione. Tali forze sono in generale trasmesse al terreno tramite la fondazione, alla struttura ancorata tramite la testata e dalla testata alla fondazione tramite la parte libera.

#### 7.3.3.1 Criteri di progetto

Ai fini del progetto delle opere di sostegno, i tiranti si distinguono in provvisori e permanenti.

I tiranti possono essere ulteriormente suddivisi in attivi o presollecitati, quando nell'armatura viene indotta una forza di tesatura, e passivi o non presollecitati.

Nella scelta del tipo di tirante si deve tenere conto delle sollecitazioni prevedibili, delle caratteristiche del sottosuolo, dell'aggressività ambientale.

Nel progetto devono indicarsi l'orientazione, la lunghezza e il numero degli ancoraggi; la tecnica e le tolleranze di esecuzione; lo sforzo ammissibile e il programma di tesatura.

Nel caso di tiranti di ancoraggio attivi impiegati per il sostegno permanente, deve essere predisposto un adeguato piano di monitoraggio per verificarne l'efficacia nel tempo; nel progetto deve prevedersi la possibilità di successivi interventi di regolazione e/o sostituzione. Se questi requisiti non possono essere soddisfatti, dovranno essere previsti ancoraggi passivi.

Se la funzione di ancoraggio è esercitata da piastre, da pali accostati o simili, è necessario evitare ogni sovrapposizione tra la zona passiva di pertinenza dell'ancoraggio e quella attiva a tergo dell'opera di sostegno.

Per la valutazione del carico limite si può procedere in prima approssimazione con formule teoriche o con correlazioni empiriche. La conferma sperimentale con prove di trazione in sito nelle fasi di progetto e di collaudo è sempre necessaria.

#### VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)

Deve risultare rispettata la condizione di cui al paragrafo 7.2.5.1. Ai fini della verifica della fondazione dell'ancoraggio, l'azione di progetto, determinata applicando i coefficienti del caso A2, sarà confrontata con la resistenza di progetto  $R_{ad}$ , determinata con:

- metodi di calcolo, basati sui risultati di prove in sito e di laboratorio;
- risultati di prove di carico su ancoraggi di prova.

Nel caso (a), la verifica viene effettuata utilizzando una procedura analoga a quella indicata per i pali in trazione.

Nel caso (b) per il calcolo del valore  $R_{ad} = R_{ak} / \gamma_R$ , devono essere utilizzati i coefficienti parziali  $\gamma_R$  (nello specifico  $\gamma_a$ ) riportati nella seguente Tabella 7.3.IV.



Tab. 7.3.IV – Coefficienti parziali per la resistenza di ancoraggi pretesi (a bulbo iniettato)

RESISTENZA	SIMBOLO $\gamma$	COEFFICIENTE PARZIALE
Temporanei	$\gamma_{a,t}$	1,30
Permanenti	$\gamma_{a,p}$	1,50

Per i metodi di valutazione di  $R_{ak}$  attraverso prove di carico, dai valori di resistenza ricavati  $R_{a,m}$  si dedurrà il valore caratteristico  $R_{ak}$  applicando i fattori di riduzione  $\xi_a$  riportati nella Tabella 7.3.V

Tab. 7.3.V - Coefficienti di riduzione  $\xi_a$  per prove su ancoraggi

n = numero di prove	1	2	>2
$\xi_{a1}$	1,50	1,35	1,30
$\xi_{a2}$	1,50	1,25	1,10

Il valore della resistenza caratteristica  $R_{ak}$  sarà dato dal minore dei valori derivanti dall'applicazione di  $\xi_{a1}$  e  $\xi_{a2}$  rispettivamente al valor medio e al valor minimo dei risultati ottenuti nel corso delle prove:

$$R_{ak} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{a,m})_{\text{medio}}}{\xi_{a1}}, \frac{(R_{a,m})_{\text{min}}}{\xi_{a2}} \right\}$$

### 7.3.3.3.2 ASPETTI COSTRUTTIVI

La durabilità e la compatibilità con i terreni dei materiali impiegati per la costruzione dei tiranti, nonché i sistemi di protezione dalla corrosione devono essere documentati.

Il diametro dei fori non deve essere inferiore ai diametri nominali previsti in progetto.

La tesatura dei tiranti deve essere effettuata in conformità al programma di progetto. In ogni caso, la tesatura potrà avere inizio non prima che siano praticamente esauriti i fenomeni transitori indotti dall'esecuzione dei tiranti.

### 7.3.3.3.3 PROVE DI CARICO

I tiranti preliminari di prova (tiranti di progetto) - sottoposti a sollecitazioni più severe di quelle di collaudo e non utilizzabili per l'impiego successivo - devono essere realizzati con lo stesso sistema costruttivo di quelli definitivi, nello stesso sito e nelle stesse condizioni ambientali.

I tiranti preliminari di prova devono essere realizzati dopo l'esecuzione di quelle operazioni, quali scavi e riporti, che possano influire sulla capacità portante della fondazione.

Nelle valutazioni si terrà conto della variazione della resistenza allo sfilamento nel tempo, per effetto del comportamento viscoso del terreno e dei materiali che costituiscono l'ancoraggio.

Il numero di prove di progetto non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di tiranti è inferiore a 30,
- 3 se il numero di tiranti è compreso tra 31 e 100,
- 7 se il numero di tiranti è compreso tra 101 e 200,
- 8 se il numero di tiranti è compreso tra 201 e 500,
- 10 se il numero di tiranti è superiore a 500.

Le prove di collaudo, da effettuarsi su tutti i tiranti, consistono in un ciclo semplice di carico e scarico; in questo ciclo il tirante viene sottoposto ad una forza massima pari a 1.2 volte quella massima prevista in esercizio, verificando che gli allungamenti misurati siano nei limiti previsti in progetto e/o compatibili con le misure sui tiranti preliminari di prova.

### **7.3.4. OPERE IN SOTTERRANEO**

Le presenti norme definiscono le procedure tecniche per il progetto, la costruzione e il collaudo delle opere in sotterraneo quali le gallerie, le caverne, i pozzi, che comportano operazioni coordinate di asportazione del terreno e di messa in opera di rivestimenti e di interventi necessari alla stabilizzazione a breve ed a lungo termine di cavità.

#### **7.3.4.1 Prescrizioni generali**

L'approccio progettuale deve prevedere metodi atti a prevenire e contrastare sia nelle fasi esecutive che ad opere ultimate gli effetti legati alla variazione dello stato tensionale indotta dalla rimozione di volumi di terreno. A tale scopo esso deve in generale definire:

- geometria e tracciato dell'intervento;
- metodo e tecniche di scavo;
- interventi di stabilizzazione delle pareti di scavo a breve e a lungo termine, definiti e quantificati con riferimento alla soluzione media di progetto e con le relative variabilità;
- eventuali tecniche di miglioramento e di rinforzo dei terreni e delle rocce;
- sistemi per l'intercettazione ed il controllo delle acque sotterranee;
- individuazione delle problematiche relative a possibili risentimenti al contorno;
- elementi utili a definire piani e norme di sicurezza, anche con riferimento a particolari situazione di pericolo per presenza di gas tossici o esplosivi;
- problematiche relative alla ricollocazione dei materiali di risulta degli scavi.

#### **7.3.4.2 Caratterizzazione geologica**

L'ampiezza e l'approfondimento degli studi e delle indagini devono essere commisurati alla complessità geologica ed alla vulnerabilità ambientale del sito. In ogni caso dovranno essere acquisiti elementi sui caratteri stratigrafici e strutturali delle formazioni interessate, conseguenti all'evoluzione tettonica, con descrizione dei litotipi intercettati dall'opera. Il modello geologico costruito sulla base dei dati di letteratura e di rilevamento diretto dovrà essere confrontato, verificato e validato con i dati provenienti da specifiche e mirate indagini dirette ed indirette. Verifiche preliminari sulle condizioni di



stabilità del territorio dovranno riguardare le zone di "imbocco" ed i tratti con modesta "copertura". Nel caso di scavi e gallerie poco profonde in ambiente urbano, le indagini dovranno mirare alla ricostruzione della evoluzione geomorfologica superficiale recente connessa anche alla rimodellazione antropica del territorio avvenuta in epoca storica, con particolare riferimento alla individuazione di cavità naturali ed artificiali.

#### **7.3.4.3 Indagini e caratterizzazione geotecnica**

Le indagini geotecniche dovranno consentire una modellazione del comportamento dei terreni e delle rocce necessaria alla previsione del comportamento tenso-deformativo dell'ammasso nelle diverse fasi di scavo.

In tale ottica, il modello geotecnico sarà riferito alle situazioni medie più probabili, contemplando anche le possibili variabilità delle grandezze caratteristiche del modello stesso.

In casi di scavi di grande estensione e profondità e comunque in situazioni geologiche complesse dove viene adottato il "metodo osservazionale" di cui al punto 7.1.3, saranno svolte anche indagini e prove integrative in corso d'opera. In questi casi il progetto definirà la soluzione costruttiva di cui al punto 7.3.4.4 c) e gli scenari sia di possibili alternative da mettere in opera in funzione dei parametri scelti per verificare la rispondenza delle condizioni riscontrate alle previsioni di progetto, sia di possibili ottimizzazioni nell'ambito delle variabilità della soluzione adottata, sulla base degli stessi parametri e di criteri predefiniti in progetto.

Indagini di particolare impegno, quali ad esempio pozzi, cunicoli e speciali campi prova potranno essere presi in considerazione nei casi di opere di notevole importanza o di ammassi di particolare complessità strutturale.

Nel caso di scavi in ambiente urbano, indagini e studi saranno rivolti anche alla valutazione dello stato di consistenza, dei caratteri strutturali e delle condizioni di stabilità di manufatti ed infrastrutture esistenti, di preesistenze archeologiche e di cavità naturali ed artificiali.

#### **7.3.4.4 Criteri di progetto**

Sulla base del modello geotecnico del sottosuolo, il progetto deve comprendere la previsione gli effetti direttamente indotti dagli scavi e i risentimenti al contorno, sia nelle fasi costruttive che ad opere ultimate. Da essi devono derivare la scelta del metodo e delle tecniche di scavo, la individuazione degli interventi necessari ad assicurare le azioni di precontenimento e di contenimento della cavità a breve e lungo termine.

L'azione di precontenimento, che viene esercitata a monte del fronte di scavo, ha lo scopo di rendere minima la differenza tra il profilo teorico della cavità prima dello scavo e quello che si ottiene effettivamente dopo lo scavo. Tale azione, che anticipa quella sviluppata dal rivestimento, può essere esercitata da trattamenti di miglioramento e/o rinforzo del terreno oppure da altri provvedimenti protettivi del nucleo di avanzamento quali ad esempio, nel caso di gallerie, "prevolte" in terreno consolidato o in betoncino fibrorinforzato.

L'azione di contenimento, che viene esercitata a valle del fronte di scavo, ha lo scopo di rendere minima la variazione nel tempo del profilo teorico della cavità a seguito dello

scavo. Tale azione può essere esercitata in via provvisoria da trattamenti e/o dal "prerivestimento" ed in modo permanente da trattamenti e/o dal rivestimento definitivo.

I provvedimenti protettivi del nucleo, a carattere prevalentemente conservativo, eventualmente associati a provvedimenti di miglioramento e/o rinforzo dei terreni e di prerivestimento e di rivestimento, debbono comunque essere compresi in un unico processo di stabilizzazione in sicurezza degli scavi e di controllo dei risentimenti al contorno.

Il comportamento delle pareti a breve e lungo termine deve essere monitorato attraverso il controllo delle deformazioni e la verifica che esse rientrino nei limiti di variabilità previsti in progetto.

Allo scopo, il progetto dovrà comprendere un sistema di monitoraggio, finalizzato anche alla adozione degli accorgimenti e dispositivi costruttivi nell'ambito delle variabilità esplicitamente previste.

Il progetto deve prevedere le seguenti fasi:

- a) *Previsione del comportamento dell'opera in assenza di interventi.* Sulla base del modello geotecnico del sottosuolo, l'analisi progettuale deve preliminarmente studiare il comportamento dell'opera in assenza di interventi di precontenimento e contenimento delle cavità. Dall'analisi devono scaturire: i livelli di deformazione da considerare ammissibili; l'eventuale esigenza di provvedimenti necessari ad assicurare le azioni di precontenimento e contenimento delle cavità; la valutazione del livello di sicurezza e del comportamento del sistema opera terreno nelle condizioni di esercizio.
- b) *Scelta degli interventi di stabilizzazione.* Se dall'analisi di cui al punto precedente il livello di sicurezza dell'opera non risulta adeguato o se il campo di spostamenti non risulta compatibile con la funzionalità dell'opera e di eventuali manufatti circostanti, devono essere adottati interventi di stabilizzazione.
- c) *Previsione del comportamento tenso-deformativo dell'opera in presenza di interventi di stabilizzazione.* Tenendo conto degli interventi prescelti, il modello geotecnico di sottosuolo deve essere opportunamente adattato al fine di sostenere nuove analisi progettuali per le verifiche di sicurezza e di funzionalità dell'opera da realizzare. Il progetto dovrà comprendere le caratteristiche geometriche e strutturali degli interventi e le loro variabilità da applicare in corso d'opera sulla base di criteri predefiniti ed in relazione ai dati di monitoraggio.

#### **7.3.4.5 Metodi di calcolo**

Le analisi e le verifiche di comportamento devono essere basate su modelli di calcolo di provata validità, adeguati alla complessità geologica e geotecnica ed al livello di progettazione.

#### **7.3.4.6 Monitoraggio e collaudo**

Il programma di monitoraggio e di controllo dovrà essere associato ad ogni fase di progetto e costruzione anche per la taratura e la messa a punto in corso d'opera degli interventi che assicurano le azioni di precontenimento e contenimento. I dati derivanti dal sistema di monitoraggio potranno anche costituire elemento di riferimento e controllo nelle operazioni di collaudo delle opere.



Il collaudo di un'opera sotterranea consiste nell'accertare che le previsioni progettuali in termini di comportamento tenso-deformativo dell'ammasso e di stato tensionale e deformativo delle opere di stabilizzazione e rivestimento attuate abbiano trovato oggettivi riscontri durante la realizzazione dell'opera e dopo la sua ultimazione.

Esso implica la necessità di analizzare l'interazione dell'opera col terreno circostante, tenendo conto degli interventi di stabilizzazione operati nelle diverse fasi del processo realizzativi e dei dati di monitoraggio e delle indagini mirate condotte in sito.

### **7.3.5. OPERE E MANUFATTI DI MATERIALI SCIOLTI**

Le presenti norme si applicano ai manufatti di materiali sciolti, quali: rilevati, argini di difesa per fiumi, canali e litorali, rinfianchi, rinterrati, terrapieni, colmate e simili. Le presenti norme si applicano, inoltre, alle opere ed alle parti di opere di materiali sciolti con specifiche funzioni di drenaggio, filtro, transizione, fondazione, tenuta, protezione ed altre. Per gli sbarramenti di ritenuta idraulica (dighe e traverse) si fa riferimento alla normativa specifica.

#### **7.3.5.1 Criteri generali di progetto**

Il progetto di un manufatto di materiali sciolti deve comprendere la scelta dei materiali da costruzione, le modalità di posa in opera e lo studio del complesso manufatto-terreno.

I criteri per la scelta dei materiali da impiegare per la costruzione del manufatto devono essere definiti in relazione alle sue funzioni, tenendo presenti i problemi di selezione, coltivazione delle cave, trasporto, trattamento e posa in opera dei materiali, nel rispetto dei vincoli imposti dalla vigente legislazione.

Nel progetto devono essere indicate le prescrizioni relative alla qualificazione dei materiali e alla posa in opera precisando tempi e modalità di costruzione, lo spessore massimo degli strati in funzione dei materiali, i controlli da eseguire durante la costruzione ed i limiti di accettabilità dei materiali, del grado di addensamento da raggiungere e della deformabilità degli strati.

#### **7.3.5.2 Verifiche di sicurezza (SLU)**

Deve risultare rispettata la condizione di cui al paragrafo 7.2.5.1. e la verifica deve essere condotta secondo la lettera A dello stesso paragrafo, facendo riferimento per le azioni di calcolo ai coefficienti del caso A2 e per i parametri del terreno ai coefficienti del caso M2.

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive, al termine della costruzione e in esercizio.

Le verifiche locali devono essere estese agli elementi artificiali di rinforzo, eventualmente presenti all'interno ed alla base del manufatto, con riferimento anche ai problemi di durabilità. Nel caso di manufatti collocati su pendii se ne deve esaminare l'influenza sulle condizioni generali di sicurezza del pendio, anche in relazione alle variazioni indotte sul regime idraulico del sottosuolo.

### 7.3.5.3. Verifiche in condizioni di esercizio (SLE)

Si deve verificare che i cedimenti del manufatto siano compatibili con la sua funzionalità.

Specifiche analisi devono inoltre essere sviluppate per valutare l'influenza del manufatto sulla sicurezza e sulla funzionalità delle costruzioni in adiacenza e per individuare gli eventuali interventi per limitarne gli effetti sfavorevoli.

### 7.3.5.4. Aspetti costruttivi

La posa in opera dei materiali costituenti il manufatto deve garantire il raggiungimento delle prestazioni ipotizzate in progetto.

Le caratteristiche dei componenti artificiali – tipo “geosintetici” – devono essere specificate, certificate in conformità alle relative norme europee e verificate sulla base di risultati di prove sperimentali da eseguire nelle fasi di accettazione e di verifica delle prestazioni attese.

### 7.3.5.5. Monitoraggio e collaudo

Con il monitoraggio si deve accertare che i valori delle grandezze misurate, quali ad esempio spostamenti e pressioni interstiziali, siano compatibili con i requisiti di sicurezza e funzionalità del manufatto e di quelli contigui.

Durante la costruzione devono essere eseguite prove di controllo del grado di addensamento, dell'umidità e della deformabilità degli strati posti in opera.

Il tipo ed il numero di strumenti di controllo dovranno essere convenientemente fissati in relazione all'importanza dell'opera ed alle caratteristiche geotecniche dell'area, in modo da assicurare un congruo numero di misure significative. Per opere di modesta importanza, che non comportino pericoli per le persone o apprezzabili danni alle cose, il monitoraggio può essere ridotto a documentate ispezioni visive.

## 7.3.6. STABILITÀ DEI PENDII

Le presenti norme si applicano allo studio delle condizioni di stabilità dei pendii naturali, dei fronti di scavo e delle scarpate di manufatti di materiali sciolti ed al progetto, alla esecuzione ed al controllo di eventuali interventi di stabilizzazione.

### 7.3.6.1. Prescrizioni generali

Lo studio della stabilità dei pendii richiede rilievi, indagini, analisi, controlli strumentali, raccolta di dati storici sull'evoluzione del pendio.

### 7.3.6.2. Indagini e modellazione geologica

La modellazione geologica del pendio deve comprendere in generale la ricostruzione dei caratteri geomorfologici, litologici, stratigrafici, climatici ed idrogeologici del versante, finalizzata alla definizione del modello evolutivo con la individuazione delle forme e dei processi, compreso lo stato e tipo di attività.

Le tecniche di studio, i rilievi e le indagini saranno in generale commisurate alla dimensione ed alla scala del problema ed alle finalità progettuali.



### **7.3.6.3 Indagini e caratterizzazione geotecnica**

Sulla base dell'inquadramento geomorfologico ed evolutivo del versante, dovrà essere sviluppata una specifica indagine per la caratterizzazione geotecnica dei terreni finalizzata alla definizione del modello geotecnico del pendio sulla base del quale effettuare lo studio delle condizioni di stabilità nonché il progetto di eventuali interventi di stabilizzazione. A tale scopo dovrà essere accertato il regime delle pressioni interstiziali, tramite impiego di specifica strumentazione e la profondità e l'estensione delle indagini dovranno comprendere i volumi di terreno direttamente od indirettamente coinvolti dai potenziali fenomeni di instabilità.

### **7.3.6.4 Modello geotecnico del sottosuolo**

Tutti gli elementi raccolti dovranno convergere in un modello di comportamento, che tenga conto della complessità della situazione stratigrafica e geotecnica, della presenza di discontinuità e dell'evidenza di movimenti progressi, al quale fare riferimento per le verifiche di stabilità e per il progetto degli eventuali interventi di stabilizzazione.

### **7.3.6.5 Verifiche di sicurezza**

Le verifiche di stabilità devono essere effettuate con metodi che tengano conto della forma e posizione della superficie di scorrimento, dell'assetto strutturale, dei parametri geotecnici e del regime delle pressioni neutre.

Il livello di sicurezza è espresso, in generale, come rapporto tra resistenza a taglio disponibile e resistenza a taglio necessaria a garantire l'equilibrio.

Il grado di sicurezza ritenuto accettabile dal progettista deve essere giustificato sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica, nonché sulla base delle conseguenze di eventuali fenomeni di rottura.

### **7.3.6.6 Interventi di stabilizzazione**

Il progetto degli interventi di stabilizzazione deve comprendere la descrizione completa dell'intervento, l'influenza delle modalità costruttive sulle condizioni di stabilità, il piano di monitoraggio ed un significativo piano di gestione e controllo nel tempo della funzionalità e dell'efficacia dei provvedimenti adottati. In ogni caso dovranno essere definiti l'entità del miglioramento delle condizioni di sicurezza del pendio ed i criteri per verificarne il raggiungimento.

### **7.3.6.7 Monitoraggio e collaudo**

Il monitoraggio di un pendio o di una frana potrà interessare le diverse fasi che vanno dallo studio al progetto, alla realizzazione e gestione delle opere di stabilizzazione e al controllo della loro funzionalità e durabilità. Esso sarà riferito principalmente agli spostamenti di punti significativi del pendio, in superficie e/o in profondità, al rilievo di eventuali manufatti presenti, alla misura dei carichi piezometrici, effettuata con periodicità tale da consentire di definirne le variazioni periodiche e stagionali, nonché alla misura delle portate drenate da eventuali sistemi di drenaggio.

### 7.3.6.8 Fronti di scavo

#### INDAGINI GEOTECNICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geotecniche devono tener conto della profondità, dell'ampiezza, della destinazione e del carattere permanente o provvisorio dello scavo.

#### CRITERI GENERALI DI PROGETTO E VERIFICHE DI SICUREZZA

Il progetto deve definire un profilo di scavo tale che risulti rispettata la condizione di cui al paragrafo 7.2.5.1. e la verifica deve essere condotta con modalità analoga a quella indicata per i manufatti di materiali sciolti.

Nel caso di scavi realizzati su pendio, deve essere verificata l'influenza dello scavo sulle condizioni di stabilità generale del pendio stesso.

Il progetto deve tener conto dell'esistenza di opere e sovraccarichi in prossimità dello scavo, deve esaminare l'influenza dello scavo sul regime delle acque superficiali, e garantire la stabilità e la funzionalità delle costruzioni preesistenti nell'area interessata dallo scavo.

### 7.3.7. MIGLIORAMENTO E CONSOLIDAMENTO DEI TERRENI E DELLE ROCCE

Le presenti norme riguardano la progettazione, la costruzione e il collaudo degli interventi di miglioramento e rinforzo dei terreni e delle rocce, realizzati per diverse finalità applicative.

#### 7.3.7.1 Scelta del tipo di intervento e criteri generali di progetto

La scelta del tipo di intervento deve derivare da una caratterizzazione geotecnica dei terreni da trattare e da un'analisi dei fattori tecnici, organizzativi e ambientali.

Le indagini geotecniche devono riguardare anche l'accertamento dei risultati conseguiti, avvalendosi di misure ed eventualmente di appositi campi prova.

Nel progetto devono essere definiti il dimensionamento degli interventi, le caratteristiche degli elementi strutturali e degli eventuali materiali di apporto, le tecniche necessarie e le sequenze operative, nonché le indicazioni per poter valutare l'efficacia degli interventi realizzati.

#### 7.3.7.2 Monitoraggio e collaudo

Il monitoraggio ha lo scopo di valutare l'efficacia degli interventi e di verificare la rispondenza dei risultati ottenuti con le ipotesi progettuali. Ha inoltre lo scopo di controllare il comportamento nel tempo del complesso opera-terreno trattato.

Il monitoraggio deve essere previsto nei casi in cui gli interventi di miglioramento e di rinforzo possano condizionare la sicurezza e la funzionalità dell'opera in progetto o di opere circostanti.

### 7.3.8. CONSOLIDAMENTO GEOTECNICO DI OPERE ESISTENTI

Le norme di cui alla presente sezione riguardano l'insieme dei provvedimenti tecnici con i quali si interviene sul sistema manufatto-terreno per eliminare o mitigare difetti di comportamento.



### 7.3.8.1 Criteri generali di progetto

Il progetto degli interventi di consolidamento deve derivare dalla individuazione delle cause che hanno prodotto il comportamento anomalo dell'opera. Tali cause possono riguardare singolarmente o congiuntamente la sovrastruttura, le strutture di fondazione, il terreno di fondazione.

In particolare, devono essere ricercate le cause di anomali spostamenti del terreno, conseguenti al mutato stato tensionale indotto da modifiche del manufatto, da variazioni del regime delle pressioni interstiziali, dalla costruzione di altri manufatti in adiacenza, da modifiche del profilo topografico del terreno per cause antropiche o per movimenti di massa, oppure le cause alle quali è riconducibile il deterioramento dei materiali costituenti le strutture in elevazione e le strutture di fondazione.

Il progetto del consolidamento geotecnico deve essere sviluppato unitariamente con quello strutturale, ovvero gli interventi che si reputano necessari per migliorare il terreno o per rinforzare le fondazioni devono essere concepiti congiuntamente al risanamento della struttura in elevazione.

La descrizione delle modalità esecutive dell'intervento e delle opere provvisorie sono parte integrante del progetto. Per situazioni geotecniche, nelle quali sia documentata la complessità del sottosuolo e comprovata l'impossibilità di svolgere indagini esaustive, è possibile il ricorso al metodo osservazionale.

### 7.3.8.2 Indagini geotecniche e caratterizzazione geotecnica

Il progetto degli interventi di consolidamento deve essere basato su risultati di indagini sul terreno e sulle fondazioni esistenti, programmate dopo aver consultato tutta la documentazione eventualmente disponibile, relativa al manufatto da consolidare ed al terreno.

L'ubicazione e la scelta delle attrezzature e delle tecniche esecutive delle indagini richiederà particolare cura in presenza di manufatti particolarmente sensibili ai cedimenti del terreno di fondazione.

Le indagini devono anche comprendere la misura di grandezze significative per individuare i caratteri cinematici dei movimenti in atto e devono riguardare la variazione nel tempo di grandezze geotecniche come le pressioni interstiziali e gli spostamenti del terreno all'interno del volume ritenuto significativo. Se è presumibile il carattere periodico dei fenomeni osservati, legato ad eventi stagionali, le misure devono essere adeguatamente protratte nel tempo.

### 7.3.8.3 Tipi di consolidamento geotecnico

I principali metodi per il consolidamento di una struttura esistente fanno in generale capo a uno o più dei seguenti criteri:

- miglioramento e rinforzo dei terreni di fondazione;
- miglioramento e rinforzo dei materiali costituenti la fondazione;
- ampliamento della base;
- trasferimento del carico a strati più profondi;
- introduzione di sostegni laterali;
- rettifica degli spostamenti del piano di posa.

Nella scelta del metodo di consolidamento si deve tener conto della circostanza che i terreni di fondazione del manufatto siano stati da tempo sottoposti all'azione di carichi permanenti e ad altre azioni eccezionali. Si devono valutare gli effetti di un'eventuale redistribuzione delle sollecitazioni nel terreno per effetto dell'intervento sulla risposta meccanica dell'intero manufatto, sia a breve che a lungo termine.

Interventi a carattere provvisorio o definitivo che comportino variazioni di volume, quali il congelamento, le iniezioni, la gettiniezione, e modifiche del regime della falda idrica, richiedono particolari cautele e possono essere adottati solo dopo averne valutato gli effetti sul comportamento del manufatto stesso e di quelli adiacenti.

#### **7.3.8.4 Controlli, monitoraggio e collaudo**

Il controllo dell'efficacia del consolidamento geotecnico è obbligatorio quando agli interventi consegue una redistribuzione delle sollecitazioni al contatto terreno-manufatto. I controlli assumeranno diversa ampiezza e si eseguiranno con strumentazioni e modalità diverse in relazione all'importanza dell'opera, al tipo di difetto del manufatto e ai possibili danni per le persone e le cose.

Il monitoraggio degli interventi di consolidamento deve essere previsto in progetto e descritto con particolare cura nel caso di ricorso al metodo osservazionale. Gli esiti delle misure e dei controlli potranno costituire elemento di collaudo dei singoli interventi.

### **7.3.9. DISCARICHE CONTROLLATE DI RIFIUTI E DEPOSITI DI INERTI**

#### **7.3.9.1 Prescrizioni generali – Criteri di progetto**

Oltre a quanto stabilito nelle specifiche norme vigenti, il progetto delle discariche deve essere basato sulla caratterizzazione del sito, con una chiara definizione delle modalità costruttive e di controllo dei diversi dispositivi di barriera, tenendo conto della natura dei rifiuti, della vulnerabilità ambientale del territorio e dei rischi connessi con eventuali malfunzionamenti.

#### **7.3.9.2 Caratterizzazione del sito**

La caratterizzazione geologica e geotecnica deve essere finalizzata alla identificazione delle formazioni presenti nell'area e al regime delle acque, nonché alla valutazione di tutte le grandezze fisico-meccaniche che contribuiscono alla scelta della localizzazione dell'opera (comprensiva delle aree di deposito, di servizio e di quelle di rispetto), alla sua progettazione ed al suo esercizio. È in particolare necessario il preventivo accertamento della presenza di falde acquifere, di zone di protezione naturale, del rischio sismico e di inondazione, del rischio di frane o di valanghe e di fenomeni di subsidenza.

#### **7.3.9.3 Modalità costruttive e di controllo dei diversi dispositivi di barriera**

Il progetto dovrà definire in dettaglio le modalità costruttive e di controllo delle barriere di "materiale minerale compattato" previste dalla specifica normativa di settore (D.L.vo 36/2003). In particolare dovranno essere definite le prove di qualificazione del materiale da porre in opera e le modalità costruttive in termini di spessore degli strati da porre in opera, materiali e metodi di compattazione. Il progetto dovrà inoltre definire il numero e la frequenza delle prove di controllo da eseguire in sito ed in laboratorio durante la costruzione delle barriere di "materiale minerale compattato". In ogni caso sulla barriera



finita dovranno essere previste specifiche prove di controllo della permeabilità, in numero adeguato da consentire la valutazione del raggiungimento o meno dei requisiti richiesti dalla specifica normativa di settore.

#### **7.3.9.4 Verifiche di sicurezza**

La stabilità del manufatto e dei terreni di fondazione deve essere valutata mediante specifiche analisi geotecniche, riferite alle diverse fasi della vita dell'opera. In particolare andrà verificato che la stabilità e la deformabilità del fondo siano tali da garantire nel tempo l'efficacia e la funzionalità del sistema di raccolta del percolato, nonché andrà verificata la stabilità delle pareti laterali.

Nelle verifiche che interessano il corpo della discarica, si devono attribuire ai materiali di rifiuto parametri che tengano conto della composizione del rifiuto medesimo e dei metodi di pre-trattamento e costipamento adottati nonché dei risultati di specifiche prove in sito o di laboratorio.

#### **7.3.9.5 Monitoraggio**

Il monitoraggio geotecnico del complesso discarica-terreno deve in generale comprendere la misura di grandezze significative - quali in particolare assestamenti, livelli piezometrici, caratteristiche del percolato e di eventuale biogas.

### **7.3.10. FATTIBILITÀ DI OPERE SU GRANDI AREE**

Le presenti norme definiscono i criteri di carattere geologico e geotecnico da adottare nell'elaborazione di piani urbanistici e nel progetto di insiemi di manufatti e interventi che interessano ampie superfici, quali:

- a) nuovi insediamenti urbani civili o industriali;
- b) ristrutturazione di insediamenti esistenti, reti idriche e fognarie urbane e reti di sottoservizi di qualsiasi tipo;
- c) strade, ferrovie ed idrovie;
- d) opere marittime e difese costiere;
- e) aeroporti;
- f) bacini idrici artificiali e sistemi di derivazione da corsi d'acqua;
- g) sistemi di impianti per l'estrazione di liquidi o gas dal sottosuolo;
- h) bonifiche e sistemazione del territorio;
- i) attività estrattive di materiali da costruzione.

#### **7.3.10.1 Indagini specifiche**

Gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare destinazioni d'uso compatibile del territorio in esame.

Le indagini e gli studi devono in particolare accertare le condizioni di stabilità dei pendii, tenuto conto anche di eventuali effetti derivanti dalla realizzazione delle opere.

In interventi che comportano emungimento di fluidi dal sottosuolo, si deve accertare che tali interventi siano compatibili con le caratteristiche dell'acquifero e che eventuali ce-

dimenti della superficie del suolo siano compatibili con la stabilità e la funzionalità dei manufatti presenti nella zona interessata dall'emungimento.

Nelle zone classificate sismiche le indagini devono essere finalizzate anche alla caratterizzazione del territorio per lo studio dei fenomeni di amplificazione locale.

#### **7.4. EFFETTI DELL'AZIONE SISMICA**

Nel presente paragrafo vengono illustrate le prescrizioni aggiuntive che devono essere rispettate per valutare gli effetti dell'azione sismica.

Per la valutazione della sicurezza le azioni sismiche vengono combinate con le altre azioni come specificato al punto 3.2.3.

Va altresì tenuto conto di quanto asserito al punto 3.2.1, ossia che, in generale, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto dev'essere valutata l'influenza delle condizioni stratigrafiche, morfologiche e geotecniche locali, mediante studi di risposta sismica locale (microzonazione). In assenza di tali studi, si potrà utilizzare la classificazione riportata allo stesso punto, con le precisazioni del punto 3.2.2.1 relativamente alle zone sismiche.

##### **7.4.1. FONDAZIONI**

Le verifiche di stabilità del terreno e delle strutture di fondazione vanno eseguite con i metodi ed i procedimenti illustrati nei precedenti paragrafi, tenendo conto delle massime sollecitazioni che la struttura trasmette al terreno e delle relative distorsioni accettabili.

##### **7.4.2. OPERE DI SOSTEGNO DEI TERRENI**

###### **7.4.2.1 Requisiti generali**

Le opere di sostegno devono essere concepite e progettate in modo tale da espletare la loro funzione sia durante, sia dopo il terremoto di progetto, senza subire danni strutturali significativi.

Possono essere ammessi eventuali spostamenti permanenti, purché compatibili con quelli accettabili definiti in sede di progetto.

###### **7.4.2.2 Criteri di progetto**

In generale, per verificare la sicurezza di un'opera di sostegno potrà adottarsi qualunque metodo consolidato della dinamica strutturale e dei terreni che includa tra i principali fattori il comportamento anelastico del terreno, gli effetti inerziali, gli effetti idrodinamici in presenza d'acqua, nonché la compatibilità delle deformazioni di terreno, opera e tiranti, ove presenti, e sia comprovato dall'esperienza o da osservazioni sperimentali.

Per opere di geometria e di importanza ordinaria la verifica potrà essere condotta con metodi di tipo pseudo-statico.



### 7.4.2.3 Analisi pseudo-statica

Il modello di base per l'analisi pseudo-statica è costituito dall'opera di sostegno e dalla sua fondazione, da un cuneo di terreno dietro la struttura che si suppone in stato di equilibrio limite attivo, dai sovraccarichi agenti sul cuneo suddetto e, ove presente, da una massa di terreno a valle dell'opera, da supporte in stato di equilibrio limite passivo, tenendo conto di quanto riportato al paragrafo 7.3.2.2.

L'azione sismica è rappresentata da un insieme di forze statiche orizzontali e verticali, date dal prodotto delle forze di gravità per un coefficiente sismico. La componente verticale dell'azione sismica deve essere considerata agente verso l'alto o verso il basso, in modo da produrre gli effetti più sfavorevoli.

L'intensità delle forze sismiche equivalenti così introdotte dipende, per un'assegnata zona sismica, dalle condizioni locali e dall'entità dello spostamento permanente ammissibile ed allo stesso tempo effettivamente consentito dalla soluzione strutturale adottata. Nelle verifiche in presenza di azioni sismiche, ai parametri del terreno vanno applicati i coefficienti del caso M1.

Nel caso di strutture, che non consentano i movimenti necessari a generare uno stato di spinta attiva, sarà necessario considerare il terreno in stato di spinta a riposo, con l'aggiunta della componente dovuta al sisma.

Nel caso di strutture ancorate, ai fini del posizionamento della fondazione dell'ancoraggio occorrerà tener conto che, in presenza di sisma, la potenziale superficie di scivolamento presenta un'inclinazione maggiore rispetto alla verticale, se confrontata con quella relativa al caso statico.

### 7.4.3. STABILITÀ DEI PENDII

In presenza di azioni sismiche, lo stato limite di un pendio è in generale identificato con il raggiungimento di spostamenti e deformazioni permanenti inaccettabili per le strutture, in termini di sicurezza e/o di funzionalità.

La verifica può essere condotta con metodi convenzionali di tipo pseudo-statico, utilizzando modelli a conci in grado di tener conto di variazioni stratigrafiche e irregolarità topografiche e assumendo un valore costante del coefficiente sismico, nei casi in cui il comportamento del pendio sia configurabile nell'ambito delle ipotesi alla base dei suddetti metodi.

Le deformazioni permanenti possono essere valutate introducendo accelerogrammi di progetto, preferibilmente reali, in modo che risultino rappresentativi il contenuto in frequenza, la durata del moto e il rapporto tra componente verticale e orizzontale del moto.

Nei casi di maggiore complessità o criticità, definiti gli accelerogrammi di progetto, l'analisi dovrà considerare le tre configurazioni prima, durante e dopo l'evento sismico, tenendo quindi conto dell'eventuale sviluppo delle sovrappressioni interstiziali e della loro influenza anche nella fase post-sismica, e eventualmente della disomogeneità del campo di accelerazione dovuta a fattori morfologici, stratigrafici e geotecnici.

#### 7.4.4. TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE

Il termine «liquefazione» denota la circostanza, causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, caratterizzata da deformazioni permanenti significative o dall'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Il rischio di liquefazione dev'essere valutato per tutti i terreni suscettibili di tale comportamento.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione si deve fare riferimento ai risultati di prove in sito, utilizzando procedure condivise in letteratura.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulla capacità portante o sulla stabilità delle fondazioni, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione tramite fondazioni profonde. L'impiego di fondazioni profonde, in assenza di interventi di miglioramento del terreno, richiede un'attenta valutazione delle sollecitazioni indotte nei pali, prodotte dalla perdita di confinamento laterale della porzione di terreno soggetto a liquefazione.

In generale occorrerà altresì valutare i cedimenti indotti dal sisma, sia nel caso di sabbie sature, sia nel caso di sabbie asciutte.





## 8. COLLAUDO STATICO

### 8.1. PRESCRIZIONI GENERALI

Il collaudo statico è una parte del collaudo generale tecnico amministrativo dell'opera e riguarda il giudizio sul comportamento e le prestazioni delle parti dell'opera che svolgono funzione portante.

Il collaudo statico di tutte le opere di ingegneria civile regolamentate dal presente testo unico, e richiamato dall'art. 7 della legge 5 novembre 1971, n. 1086, nonché dalle norme attuative della Legge 64/74, deve comprendere i seguenti adempimenti:

- a) controllo del corretto adempimento delle prescrizioni formali di cui agli articoli 4, 6 e 9 della legge 5 novembre 1971, n. 1086;
- b) controllo degli adempimenti specifici per le opere eseguite con materiali diversi da quelli regolamentati dalle Leggi 1086/71 e 64/74;
- c) ispezione dell'opera nelle varie fasi costruttive degli elementi strutturali e dell'opera nel suo complesso, con particolare riguardo alle parti strutturali più importanti.

L'ispezione dell'opera verrà eseguita con processo ricognitivo alla presenza del Direttore dei lavori e dell'Esecutore, confrontando in contraddittorio il progettato con il costruito.

Il Collaudatore statico controllerà altresì che siano state messe in atto le prescrizioni progettuali e siano stati eseguiti i controlli sperimentali. Quando la costruzione è eseguita in procedura di garanzia di qualità, il Collaudatore deve validare i documenti di controllo qualità ed il registro delle non-conformità. Per nessuna opera il collaudo statico potrà proseguire o concludersi qualora esistano non-conformità irrisolte.

- d) controllo delle certificazioni e dei documenti di accettazione dei materiali e dei prodotti;
- e) esame del modello geologico e delle indagini geotecniche eseguite nelle fasi di progettazione e costruzione, e delle prove di carico sul terreno e sui pali, come prescritte nel presente testo;
- f) controllo dei verbali e dei risultati delle prove di carico fatte eseguire dal Direttore dei lavori su componenti strutturali o sull'opera.

Il Collaudatore, nell'ambito delle sue responsabilità, dovrà inoltre:

- esaminare il progetto dell'opera e la verifica numerica (calcoli statici) della sicurezza dell'opera come costruita e dare giudizio dell'impostazione generale della progettazione strutturale, degli schemi di calcolo e delle azioni considerate e della valutazione della sicurezza in essi contenuti



- recepire e dare parere sulla relazione a strutture ultimate del Direttore dei lavori
- esaminare e recepire il piano di manutenzione dell'opera collaudata fornita dalla direzione dei lavori, con riferimento alla vita utile dell'opera ed a quella delle sue parti strutturali

Inoltre, nell'ambito della propria discrezionalità, il Collaudatore potrà richiedere:

g) di effettuare tutti quegli accertamenti, studi, indagini, sperimentazioni e ricerche utili per formarsi il convincimento della sicurezza, della durabilità e della collaudabilità dell'opera, quali in particolare:

- prove di carico;
- prove sui materiali messi in opera, anche mediante prove non distruttive; nel caso delle strutture di conglomerato cementizio armato il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera va effettuato in conformità a quanto indicato nel paragrafo 11.1.6;
- monitoraggio programmato di grandezze significative del comportamento dell'opera, da proseguire anche dopo il collaudo della stessa.

Il collaudo statico, tranne casi particolari, va eseguito in corso d'opera quando vengono posti in opera elementi strutturali non più ispezionabili, controllabili e collaudabili, a seguito del proseguire della costruzione.

## 8.2. PROVE DI CARICO

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, non potranno avere luogo prima che la struttura o il componente strutturale da provare, abbia la configurazione di funzionamento finale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese (deformazioni, livelli tensionali, reazione dei vincoli, ecc.) deve essere sottoposto al Direttore dei lavori ed al Progettista e reso noto al Costruttore per accettazione.

Nel caso di mancata accettazione da parte del Progettista e/o del Costruttore, il Collaudatore, con relazione motivata, potrà chiedere l'esecuzione al Direttore dei lavori, ovvero dichiarare l'opera non collaudabile.

Le prove di carico si devono svolgere con le modalità indicate dal Collaudatore che se ne assume la piena responsabilità, mentre, per quanto riguarda la loro attuazione, è responsabile il Direttore dei lavori.

Le azioni di prova devono raggiungere i valori massimi di progetto ovvero quelle che provocano il massimo cimento statico previsto nelle calcolazioni di progetto. In relazione al tipo della struttura ed alla natura dei carichi le prove devono essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli.

Il giudizio sull'esito della prova è completa responsabilità del Collaudatore.

L'esito della prova va valutato sulla base dei seguenti elementi:

- le deformazioni si accrescano all'incirca proporzionalmente ai carichi;

- nel corso della prova non si siano prodotte lesioni, deformazioni o dissesti che compromettono la sicurezza o la conservazione dell'opera;
- la deformazione residua dopo la prima applicazione del carico massimo non superi una quota parte di quella totale commisurata ai prevedibili assestamenti iniziali di tipo anelastico della struttura oggetto della prova. Nel caso invece che tale limite venga superato, prove di carico successive accertino che la struttura tenda ad un comportamento elastico.
- la deformazione elastica risulti non maggiore di quella calcolata.

Le prove di carico sono prove di comportamento delle opere sotto le azioni di esercizio.

Il Collaudatore dovrà a priori stabilire una congrua numerosità statistica di prove ovvero il numero di cicli di prova a seconda del componente strutturale o dell'opera da collaudare. Nel caso che l'opera preveda diversi componenti strutturali, il collaudo dovrà essere ripetuto per ogni tipologia di componente.

Le prove statiche possono essere integrate da prove dinamiche che giudicano il comportamento dell'opera attraverso la risposta dinamica della struttura. In questo caso, il periodo di vibrazione fondamentale deve risultare non maggiore di quello calcolato.

La validità delle prove dinamiche diventa significativa quando possono essere confrontati con prove statiche standard.





## 9. COSTRUZIONI ESISTENTI

### 9.1. OGGETTO

Le presenti norme hanno lo scopo di individuare i criteri generali per la verifica della sicurezza ed il collaudo delle costruzioni esistenti.

È definita costruzione esistente quella che alla data di entrata in vigore della presente normativa risulta edificata, collaudata ovvero utilizzata.

### 9.2. CRITERI GENERALI

Le costruzioni esistenti devono assicurare una adeguata sicurezza, secondo i principi normativi fondamentali riportati al capitolo 2, che verrà valutata secondo le specifiche norme di cui al capitolo 5 del presente testo.

Quando ricorrono particolari complessità a livello di acquisizione dati e di processo conoscitivo, come nei casi di edifici storico-monumentali ed artistici di grande significatività e complessità, la valutazione della sicurezza potrà essere fondata su una accurata anamnesi storica della costruzione e su processi logico-deduttivi, ed espressa e motivata con un "giudizio esperto" formulato da una commissione di tre esperti, di acclarato valore.

Per le strutture per le quali non sia reperibile il progetto esecutivo dell'opera, la relazione di calcolo, i disegni costruttivi ovvero le indagini originali sui materiali e sui terreni di sedime, occorre impostare una campagna di accertamenti in situ possibilmente mediante prove non distruttive ed indagini che non alterino il comportamento dei terreni di fondazione.

#### 9.2.1. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

La valutazione della sicurezza deve permettere di stabilire se:

- l'uso della costruzione possa continuare senza interventi;
- l'uso debba essere modificato nel verso di un minore cimento statico (declassamento);
- debba essere necessario procedere ad aumentare la capacità portante (consolidamento);
- debba essere necessario procedere a ripristinare la capacità portante preesistente ad un danno (riparazione)



- debba essere necessario adeguare la sicurezza dell'opera, in tutto od in parte, alle prescrizioni della presente norma (adeguamento);

Le costruzioni esistenti devono essere sottoposte a valutazione della sicurezza quando ricorrono le seguenti situazioni:

1. scadenza della vita di servizio a partire dalla fine della costruzione ovvero dalla data del collaudo statico;
2. in caso di evidente riduzione della capacità resistente dei materiali o elementi strutturali nel loro insieme;
3. a seguito di azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura) che abbiano compromesso la capacità resistente della struttura;
4. per degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali dei componenti strutturali della struttura nel suo complesso;
5. in caso di azioni accidentali (urti, incendi, esplosioni), e di situazioni di funzionamento ed uso anomalo;
6. in presenza di distorsioni significative imposte da deformazioni del terreno di fondazione;
7. per riscontrati errori di progetto o di costruzione;
8. a seguito di trasformazione delle condizioni d'uso della struttura;
9. a seguito di un cambio della destinazione d'uso della costruzione con variazione dei carichi variabili sulla costruzione;
10. per aumentato cimento statico delle strutture.

Nella valutazione della sicurezza degli edifici esistenti, fermo restando l'azione dei carichi, la resistenza ed il comportamento delle strutture potrà essere valutata con i più avanzati metodi dell'ingegneria strutturale.

La valutazione di cui al punto 1 sarà la base di riferimento per la compilazione del fascicolo del fabbricato.

Il committente e/o il proprietario, sotto la loro responsabilità nei riguardi della pubblica incolumità, stabiliranno, secondo i principi del capitolo 2, la vita di servizio dell'opera da prendere in conto.

### **9.3. INTERVENTI SULLE COSTRUZIONI ESISTENTI**

#### **9.3.1. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI FINALIZZATI ALL'AUMENTO DELLA SICUREZZA DELLA COSTRUZIONE**

Si individuano le seguenti categorie di intervento:

1. Intervento di consolidamento;
2. Intervento di riparazione.

### 9.3.1.1 Intervento di consolidamento

L'intervento di consolidamento è l'insieme delle opere ed interventi che conferiscono alla struttura un grado di sicurezza maggiore di quello preesistente all'intervento.

È obbligo procedere ad intervento di consolidamento quando la struttura ricade nei casi 2, 3, 4 e 6 del punto 9.2.1.

Il progetto deve essere riferito all'intera struttura ovvero alla parte strutturale avente funzionamento autonomo.

Il progetto, sviluppato in relazione alle cause che hanno determinato la non adeguatezza della struttura, ma deve comunque prevedere le seguenti attività:

1. rilievo piano-altimetrico della costruzione;
2. rilievo strutturale, comprese le strutture di fondazione;
3. rilievo dello stato fessurativo e/o distorsivo della struttura;
4. analisi dell'evoluzione storica-costruttiva della costruzione;
5. studio geologico e analisi geotecnica, ove necessario;
6. indagine sismica del sito, ove necessario;
7. indagini sui terreni sulle strutture di fondazione, ove necessario;
8. indagini sui materiali, e valutazione dello stato di conservazione e di resistenza residua, da definire con prove sperimentali;
9. rilievo dei dissesti, cause, entità;
10. valutazione delle condizioni di sicurezza della struttura nello stato ante - intervento;
11. relazione motivata dell'intervento di consolidamento;
12. verifica della sicurezza della struttura consolidata nello stato di post - intervento e nel corso delle fasi esecutive; giudizio di incremento della sicurezza.

### 9.3.1.2 Intervento di riparazione

L'intervento di riparazione è l'insieme degli interventi che riportano la sicurezza dell'opera al livello precedente al danno od al decadimento.

Il progetto deve essere riferito alle strutture interessate, documentare che non sono prodotte sostanziali modifiche al comportamento dell'elemento e/o elementi e verificare che viene conferita all'elemento e/o elementi una maggior sicurezza.

L'accertamento dell'aumento della sicurezza potrà avvenire secondo i criteri generali esposti al precedente paragrafo 2.

Il progetto dovrà prevedere un giudizio finale anche "esperto" sulla sicurezza alla pubblica incolumità dell'intera costruzione.

## 9.3.2. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI CONSEGUENTI A NUOVE ESIGENZE E/O TRASFORMAZIONI DELLA COSTRUZIONE

Si individuano le seguenti tipologie:

1. Intervento di adeguamento;
2. Intervento di miglioramento.



### 9.3.2.1 Intervento di adeguamento

L'intervento di adeguamento ha la finalità di adeguare la sicurezza dell'opera nei casi seguenti:

- a) per un ampliamento e/o sopra elevazione della struttura;
- b) nel caso di opere di trasformazione della struttura in organismo edilizio diverso dal precedente per uso, e carichi;
- c) nel caso di variazioni significative delle destinazioni d'uso che comportano un aumento dei carichi.

Il progetto deve essere riferito all'intera costruzione e dovrà riportare le verifiche dell'intera struttura post-intervento secondo la normativa vigente.

Il progetto deve comunque prevedere le seguenti attività:

1. rilievo piano-altimetrico della costruzione;
2. rilievo strutturale, comprese le strutture di fondazione;
3. rilievo dello stato fessurativo e/o distorsivo della struttura, ove necessario;
4. analisi dell'evoluzione storica-costruttiva della costruzione;
5. studio geologico e analisi geotecnica, ove necessario;
6. indagine sismica del sito, ove necessario;
7. indagini sui terreni sulle strutture di fondazione, ove necessario;
8. indagini sui materiali e valutazione dello stato di conservazione e di resistenza residua, da definire con prove sperimentali;
9. rilievo dei dissesti, cause, entità, se esistenti;
10. valutazione delle condizioni di sicurezza della struttura nello stato ante-intervento;
11. relazione motivata dell'intervento di adeguamento previsto;
12. verifica della sicurezza della struttura consolidata nello stato di post-intervento e nel corso delle fasi esecutive.

### 9.3.2.2 Intervento di miglioramento

È l'insieme di opere, riguardanti singole parti della struttura necessarie per conferire all'intera struttura un maggior grado di sicurezza.

Il progetto dovrà essere riferito alle strutture interessate e documentare che le trasformazioni e/o variazioni non producono sostanziali modifiche al comportamento globale della struttura e che conferiscono all'intera struttura un aumento della sicurezza alla pubblica incolumità.

Il progetto deve comunque prevedere le seguenti attività:

1. rilievo piano-altimetrico della costruzione;
2. rilievo strutturale, comprese le strutture di fondazione;
3. rilievo dello stato fessurativo e/o distorsivo della struttura;
4. analisi dell'evoluzione storica-costruttiva della costruzione;
5. studio geologico e analisi geotecnica, ove necessario;
6. indagine sismica del sito, ove necessario;
7. indagini sui terreni sulle strutture di fondazione, ove necessario;

8. indagini sui materiali e valutazione dello stato di conservazione e di resistenza residua, da definire con prove sperimentali;
9. rilievo dei dissesti, cause, entità;
10. valutazione delle condizioni di sicurezza della struttura nello stato ante-intervento;
11. relazione motivata dell'intervento di miglioramento previsto;
12. verifica della sicurezza della struttura consolidata nello stato di post-intervento e nel corso delle fasi esecutive; giudizio di incremento della sicurezza.

#### **9.4. PROGETTO E COLLAUDO**

Analogamente alle nuove costruzioni, gli interventi relativi alle costruzioni esistenti dovranno essere attuati elaborando un progetto esecutivo redatto secondo le prescrizioni di cui al presente Testo Unico.

Tutti gli interventi devono essere sottoposti a collaudo statico secondo quanto indicato nel Capitolo 8.





## **10. NORME PER LA REDAZIONE DEI PROGETTI ESECUTIVI**

### **10.1. CARATTERISTICHE GENERALI**

I progetti esecutivi riguardanti le strutture devono essere informati a caratteri di uniformità, chiarezza espositiva e di completezza nei contenuti. Il progetto costituisce la ingegnerizzazione di tutte le lavorazioni e deve definire compiutamente l'intervento da realizzare. Restano esclusi soltanto i piani operativi di cantiere, i piani di approvvigionamento, i calcoli e grafici relativi alle opere provvisorie. Il progetto deve comprendere:

- Relazione generale,
- Relazioni di calcolo;
- Relazioni sui materiali;
- Relazioni specialistiche necessarie per identificare il valore delle grandezze fisiche, meccaniche e chimiche di tutti i fattori che devono essere individuati per la valutazione della sicurezza e del comportamento dell'opera in progetto: (geologica, geotecnica, idrologica, idraulica, sismica, vento, neve);
- Elaborati grafici, particolari costruttivi;
- Piano di manutenzione dell'opera e delle sue parti;
- Relazione sui risultati sperimentali sui materiali;
- Relazione sui risultati sperimentali corrispondenti alle indagini specialistiche necessarie alla realizzazione dell'opera.

Particolare cura andrà posta nello sviluppare le relazioni di calcolo, in particolare per le analisi svolte con l'ausilio dell'elaboratore elettronico, sia ai fini di facilitare l'interpretazione e la verifica di calcolazioni complesse, sia ai fini di consentire elaborazioni indipendenti da parte di soggetti diversi dal redattore del documento.

Il progettista resta comunque responsabile dell'intera relazione di calcolo.

### **10.2. RELAZIONE GENERALE**

La Relazione generale contiene una descrizione generale dell'opera, con la definizione delle caratteristiche della costruzione (localizzazione, destinazione e tipologia, dimensioni principali), e le interferenze con il territorio circostante ed ancor più con le costruzioni esistenti; le caratteristiche del sito ove l'opera viene realizzata; le principali caratteristiche geologiche del terreno di sedime; il tipo e le caratteristiche dei materiali strutturali impiegati; il tipo di azioni che saranno considerate ai fini del dimensionamento.



to strutturale; le prestazioni attese della costruzione in termini di condizioni di esercizio e di funzionamento, distorsioni ammissibili ovvero vibrazioni ecc, la classe della costruzione e la vita di servizio e le procedure per la garanzia della qualità.

### **10.3. RELAZIONE DI CALCOLO**

La Relazione di calcolo contiene la dimostrazione numerica della sicurezza dell'opera e del raggiungimento della prestazioni attese ed inoltre:

- i criteri alla base della concezione strutturale;
- le normative prese a riferimento
- i criteri adottati per le misure della sicurezza;
- i criteri seguiti nella schematizzazione della struttura, dei vincoli e delle sconnessioni; particolare attenzione va rivolta ai problemi riguardanti l'interazione tra terreno e struttura;
- la schematizzazione delle azioni nonché le condizioni e le combinazioni di carico considerate;
- i legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni;
- una motivazione circa la rappresentatività del modello utilizzato, tenendo conto anche dell'eventuale successione di diverse fasi costruttive, di variazioni di schemi di vincolo, etc.
- le metodologie utilizzate per l'analisi strutturale, siano esse analitiche o numeriche;
- le prestazioni attese al collaudo.

Allo stesso modo dovranno essere indicate le metodologie seguite per la progettazione e la verifica degli elementi strutturali.

### **10.4. PRESENTAZIONE DEI RISULTATI**

Ai fini della leggibilità degli elaborati, la Relazione di calcolo deve contenere disegni dello schema statico, con i dettagli riguardanti le unità di misura, i sistemi di riferimento, le dimensioni, i vincoli e le sconnessioni, le caratteristiche sezionali, la disposizione e l'intensità dei carichi, la configurazione dei sistemi che introducono stati coattivi, la distribuzione di distorsioni impresse e delle variazioni e dei gradienti di temperatura, le caratteristiche dei materiali e dei legami costitutivi adottati, le combinazioni di carico.

Vanno posti in evidenza i punti e/o le sezioni di restituzione dei risultati.

Il complesso dei dati riguardanti il modello di calcolo deve essere tale da consentire a soggetti diversi dall'estensore della relazione di calcolo di sviluppare elaborazioni indipendenti.

### **10.5. SINTESI DEI RISULTATI**

L'esito di ogni elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e schemi grafici che evidenzino con chiarezza i valori numerici nei punti o nelle sezioni significative ai fini del-

la valutazione del comportamento complessivo della struttura e quelli necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

#### 10.6. MISURA DELLA SICUREZZA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

In funzione della metodologia adottata per effettuare la misura della sicurezza degli elementi strutturali, andranno riportati tutti gli elementi che consentano di verificare:

- il rispetto delle disequivalenze riguardanti gli stati limite di esercizio;
- il rispetto delle disequivalenze riguardanti gli stati limite ultimi;
- il rispetto dei vincoli riguardanti la deformabilità e duttilità delle sezioni.

Nel caso di verifica automatica delle sezioni occorre indicare, per ciascuna sezione le caratteristiche geometriche, le caratteristiche di sollecitazione ed i risultati corrispondenti.

#### 10.7. ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO

##### 10.7.1. GENERALITÀ

Fermi restando i caratteri generali che le relazioni di calcolo devono possedere secondo quanto già esposto nei paragrafi precedenti, qualora l'analisi strutturale, le verifiche sezionali o altre calcolazioni siano svolte con l'ausilio dell'elaboratore elettronico, si devono fornire le seguenti ulteriori indicazioni:

- *Tipo di analisi svolta*  
(Analisi statica o dinamica, lineare o non lineare. Metodo numerico adottato per la risoluzione del problema strutturale. Metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni).
- *Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo*  
(Titolo, autore, distributore, versione, estremi della licenza d'uso o di altra forma di autorizzazione all'uso, in accordo a quanto prescritto dalle normative in vigore in tema di tutela del software).
- *Affidabilità dei codici utilizzati*  
(Esauriente documentazione sull'inquadramento teorico della metodologia di calcolo e sull'impostazione generale della sua traduzione numerica. Casi prova che consentano un controllo ed un riscontro sull'affidabilità e la robustezza del codice stesso. Presenza nel codice di filtri di autodiagnostica. Sintetica rappresentazione dei risultati salienti, per consentire un rapido controllo dei risultati).

Le indicazioni riguardanti l'affidabilità dei codici, che il Progettista deve riportare nella sua Relazione di Calcolo, devono essere fornite dal distributore del codice stesso.



- *Scelta dei codici.*

Il codice di calcolo utilizzato deve fondarsi su di un modello matematico coerente con i criteri adottati per modellare la tipologia strutturale, i vincoli, le azioni ed i materiali nell'ambito del tipo di analisi svolta.

- *Modalità di presentazione dei risultati.*

La quantità di informazioni che usualmente accompagna l'utilizzo di procedure di calcolo automatico richiede un'attenzione particolare alle modalità di presentazione dei risultati, in modo che questi riassumano, in una sintesi completa ed efficace, il comportamento della struttura per quel particolare tipo di analisi sviluppata. L'esito di ogni elaborazione deve essere sintetizzato in disegni e schemi grafici contenenti le configurazioni deformate, la rappresentazione grafica delle principali caratteristiche di sollecitazione o delle componenti degli sforzi, i diagrammi di involucro associati alle combinazioni dei carichi considerate, gli schemi grafici con la rappresentazione dei carichi applicati e delle corrispondenti reazioni vincolari. Di tali grandezze, unitamente ai diagrammi ed agli schemi grafici, vanno chiaramente evidenziati i valori numerici nei punti o nelle sezioni significative ai fini della valutazione del comportamento complessivo della struttura e quelli necessari ai fini delle verifiche di misura della sicurezza.

- *Informazioni generali sull'elaborazione.*

A valle dell'esposizione dei risultati vanno riportate anche informazioni generali riguardanti l'elaboratore utilizzato, l'esame ed i controlli svolti sui risultati ed un valutazione complessiva dell'elaborazione dal punto di vista del corretto comportamento del modello.

- *Valutazione dell'elaborazione dal punto di vista numerico.*

Va verificato che la soluzione ottenuta non sia viziata da errori di tipo numerico legati all'algoritmo risolutivo ed alle caratteristiche dell'elaboratore.

- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

Il progettista deve effettuare una valutazione complessiva circa l'affidabilità dei risultati ottenuti dall'analisi automatica. Tale valutazione consisterà nel confronto con i risultati di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, ad esempio, in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, valuterà la consistenza delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

Nella relazione devono essere elencati e sinteticamente illustrati i controlli svolti, quali verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.

# 11. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

## GENERALITÀ

I materiali ed i prodotti utilizzati nelle costruzioni devono rispondere ai requisiti indicati nelle presenti norme.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- identificati mediante la descrizione a cura del fabbricante, del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;
- certificati mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nel presente documento.
- accettati dal Direttore dei lavori mediante controllo delle certificazioni di cui al punto precedente e mediante le prove sperimentali di accettazione previste nelle presenti norme per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche.

Tutte le prove che servono a definire le caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche dei materiali strutturali devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, ovvero sotto il loro diretto controllo, sia per ciò che riguarda le prove di certificazione o qualificazione, che quelle di accettazione.

I laboratori dovranno fare parte dell'albo dei laboratori Ufficiali presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Il Servizio Tecnico Centrale attiverà un sistema di vigilanza presso i cantieri e i luoghi di lavorazione per verificare la corretta applicazione delle presenti disposizioni, ai sensi dell'art. 11 del DPR n. 246/93.

Nei casi in cui per materiali e prodotti per uso strutturale è prevista la marcatura CE ai sensi del DPR 21/04/1993 n. 246, ovvero la qualificazione secondo le presenti norme, la relativa "attestazione di conformità" deve essere consegnata alla Direzione Lavori.

Negli altri casi, l'idoneità all'uso va accertata attraverso le procedure all'uso stabilite dal Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP., che devono essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate ovvero a quelle previste nel presente Testo Unico.

Il richiamo alle specifiche tecniche europee EN o nazionali UNI, ovvero internazionali ISO contenuto nella presente norma, deve intendersi riferito all'ultima versione aggiornata, salvo diversamente specificato.



Le proprietà meccaniche o fisiche dei materiali che concorrono alla resistenza strutturale debbono essere misurate mediante prove sperimentali, definite su insiemi statistici significativi.

I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati nella presente norma devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo.

### 11.1. CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Le prescrizioni contenute nel presente paragrafo si applicano al conglomerato cementizio per usi strutturali, armato e non, ordinario e precompresso di cui al Paragrafo 5.1.

#### 11.1.1. SPECIFICHE PER IL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Il conglomerato cementizio all'atto del progetto deve essere identificato mediante la resistenza convenzionale a compressione uniassiale caratteristica misurata su cubi  $R_{ck}$ .

Il progettista ovvero il Direttore Tecnico di stabilimento nel caso di elementi prefabbricati di serie, al fine di ottenere la resistenza caratteristica di identificazione del conglomerato di progetto, dovrà dare indicazioni in merito alla composizione della miscela, ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera.

La resistenza caratteristica è definita come la resistenza al di sotto della quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori. Nelle presenti norme la resistenza caratteristica designa quella dedotta da prove su cubi confezionati e stagionati come specificato al punto 11.1.3 a 28 giorni di maturazione; il progettista potrà indicare altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza su cubi e la conseguente resistenza caratteristica.

Il conglomerato per il getto delle strutture di un'opera o di parte di essa si considera omogeneo se confezionato con la stessa miscela e prodotto e messo in opera con medesime procedure.

#### 11.1.2. CONTROLLI DI QUALITÀ DEL CONGLOMERATO

Il conglomerato va prodotto in controllo di qualità, con lo scopo di monitorare che il conglomerato prodotto rispetti la resistenza caratteristica definita in sede di progetto.

Il controllo si articola nelle seguenti fasi:

##### *Valutazione preliminare della resistenza*

Serve a determinare, prima dell'inizio della costruzione delle opere, la miscela per produrre il conglomerato con la resistenza caratteristica di progetto.

### *Controllo di accettazione*

Riguarda il controllo da eseguire sul conglomerato prodotto durante l'esecuzione dell'opera, contestualmente al getto del relativo componente strutturale.

### *Prove complementari*

Sono prove che vengono eseguite, ove necessario c/o utile, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove sono eseguite dai laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

### **11.1.3. VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA**

L'Appaltatore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve garantire, attraverso idonee prove preliminari, la resistenza caratteristica per ciascuna miscela omogenea di conglomerato che verrà utilizzata per la costruzione dell'opera. Tale garanzia si estende anche al calcestruzzo fornito da terzi.

L'Appaltatore resta comunque responsabile della garanzia sulla qualità del conglomerato, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al punto 11.1.5.

### **11.1.4. PRELIEVO DEI CAMPIONI**

Un prelievo consiste nel prelevare dagli impasti, al momento della posa in opera nei casseri ed alla presenza del direttore dei lavori o di persona di sua fiducia, il calcestruzzo necessario per la confezione di un gruppo di due provini.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la "Resistenza di prelievo" che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del conglomerato.

È obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo, di cui ai successivi paragrafi, tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del conglomerato stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.

Per la preparazione, la forma, le dimensioni e la stagionatura dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme UNI EN 12390-1 e UNI EN 12390-2.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nella UNI EN 12390-4.

### **11.1.5. CONTROLLO DI ACCETTAZIONE**

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità tra le caratteristiche del conglomerato messo in opera a quello stabilito dal progetto e garantito in sede di valutazione preliminare.

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si articola, in funzione del quantitativo di conglomerato accettato, nel:

- controllo tipo A di cui al punto 11.1.5.1



- controllo tipo B di cui al punto 11.1.5.2

Il controllo di accettazione è positivo ed il quantitativo di calcestruzzo accettato se risultano verificate le disuguaglianze di cui alla Tabella 11.1.I seguente:

**Tabella 11.1.I**

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_1 \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_m \geq R_{ck} + 3,5$ (N° prelievi 3)	$R_m \geq R_{ck} + 1,64s$ (N° prelievi $\geq 15$ )

Ove:

$R$  = resistenza media dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>);

$R_f$  = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm<sup>2</sup>);

$s$  = scarto quadratico medio.

Non sono accettabili calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,3.

#### 11.1.5.1 Controllo tipo A

È riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Siano  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  le tre resistenze di prelievo, con:

$$R_1 \leq R_2 \leq R_3$$

Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

#### 11.1.5.2 Controllo tipo B

Nelle costruzioni con più di 1500 m<sup>3</sup> di miscela omogenea è obbligatorio il controllo di accettazione di tipo statistico (tipo B).

Il controllo è riferito ad una definita miscela omogenea e va eseguito con frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m<sup>3</sup> di calcestruzzo.

Per ogni giorno di getto di miscela omogenea va effettuato almeno un prelievo, e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m<sup>3</sup>.

Se si eseguono controlli statistici accurati, l'interpretazione di risultati sperimentali può essere svolta con i metodi completi dell'analisi statistica assumendo anche distribuzioni diverse dalla normale. Si deve individuare la legge di distribuzione più corretta e il va-

lor medio unitamente al coefficiente di variazione (rapporto tra deviazione standard è valore medio).

Per calcestruzzi con coefficiente di variazione superiore a 0,2 occorrono controlli molto accurati, anche in opera.

### 11.1.5.3 Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo

Il Direttore dei Lavori deve procedere direttamente al prelievo dei campioni necessari per le prove di accettazione che devono essere effettuate da uno dei laboratori di cui al punto 11.1.2. Il Laboratorio provvede alla maturazione ed alla conservazione dei provini per la determinazione della resistenza a compressione allo scadere del tempo previsto dal Direttore dei Lavori, secondo quanto previsto dalla norma EN 12390.

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare espresso riferimento a tale verbale.

La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo.

Le prove non richieste dal Direttore dei lavori non possono fare parte dell'insieme statistico che serve per la determinazione della resistenza caratteristica del materiale.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

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

La predetta procedura è integralmente estesa alla produzione di elementi prefabbricati realizzati con processo industrializzato.

L'opera o la parte di opera non conforme ai controlli di accettazione non può essere accettata finché la non conformità non è stata definitivamente rimossa dal direttore dei lavori, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto indicato nel successivo punto 11.1.6. Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura in-



teressata dal quantitativo di calcestruzzo non conforme, sulla base della resistenza ridotta del calcestruzzo.

Ove ciò non fosse possibile, ovvero i risultati di tale indagine non risultassero soddisfacenti si può dequalificare l'opera, eseguire lavori di consolidamento ovvero demolire l'opera stessa.

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

#### **11.1.6. CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA**

Nel caso in cui le resistenze a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, oppure sorgano dubbi sulla qualità e rispondenza del calcestruzzo ai valori di resistenza determinati nel corso della qualificazione della miscela, oppure si renda necessario valutare a posteriori le proprietà di un calcestruzzo precedentemente messo in opera, si può procedere ad una valutazione delle caratteristiche di resistenza attraverso prove non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.

Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definito anche come valore attuale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi. È accettabile un valor medio, misurato con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformato in resistenza cubica, non inferiore all'80% di  $R_{cm}$ .

#### **11.1.7. PROVE COMPLEMENTARI**

Sono prove che si eseguono al fine di stimare la resistenza del calcestruzzo ad una età corrispondente a particolari fasi di costruzione (precompressione, messa in opera) o condizioni particolari di utilizzo (temperature eccezionali, ecc.).

Il procedimento di controllo è uguale a quello dei controlli di accettazione.

Tali prove non possono però essere sostitutive dei "controlli di accettazione" che vanno riferiti a provini confezionati e maturati secondo le prescrizioni precedenti.

Potranno servire al direttore dei lavori od al collaudatore per dare un giudizio del calcestruzzo in opera qualora non sia rispettato il "controllo di accettazione".

#### **11.1.8. PRESCRIZIONI RELATIVE AL CALCESTRUZZO CONFEZIONATO CON PROCESSO INDUSTRIALIZZATO**

Per calcestruzzo confezionato con processo industrializzato si intende quello prodotto mediante impianti, strutture e tecniche organizzate sia in cantiere che in uno stabilimento esterno al cantiere stesso.

Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo disciplinato dalle presenti norme devono essere idonei ad una produzione costante, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Gli impianti devono dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione del produttore di conglomerato cementizio confezionato con processo industrializzato deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012. Nel caso in cui l'impianto di produzione appartenga ad appaltatore dotato di un sistema di gestione della qualità del prodotto certificato in coerenza con le norme UNI EN 9001, il controllo della produzione del calcestruzzo si intende integrato nello stesso sistema di gestione della qualità aziendale.

Al fine di ottenere un calcestruzzo di ottime caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche, si potrà fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle linee guida sul calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato devono indicare gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al punto 11.1.5 ed acquisire, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

### 11.1.9. COMPONENTI DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

#### 11.1.9.1 Leganti

Nelle opere oggetto delle presenti norme devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia (legge 26-5-1965 n. 595 e norma armonizzata EN 197-1), dotati di attestato di conformità ai sensi delle norme EN 197-1 ed EN 197-2.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi di tipo C, richiamati nella legge 26-5-1965 n.595, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

In caso di ambienti chimicamente aggressivi si deve far riferimento ai cementi previsti dalle norme UNI 9156 (cementi resistenti ai solfati) e UNI 9606 (cementi resistenti al dilavamento della calce).

#### 11.1.9.2 Aggregati

Sono idonei alla produzione di conglomerato cementizio gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo con-



formi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620.

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del DPR n.246/93 è indicato nella seguente Tabella 11.1.II.

**Tabella 11.1.II**

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Aggregati per calcestruzzo UNI EN 12620 -13055	Calcestruzzo strutturale	2+
	Uso non strutturale	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n. 246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del DPR n.246/93

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tabella 11.1.III, a condizione che la miscela di conglomerato cementizio confezionata con aggregati riciclati, venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea UNI EN 12620, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

**Tabella 11.1.III**

Origine del materiale da riciclo	Rck del calcestruzzo (N/mm <sup>2</sup> )	percentuale di impiego
demolizioni di edifici (macerie)	< 15	fino al 100 %
demolizioni di solo calcestruzzo e c.a.	≤ 35	≤ 30 %
	≤ 25	fino al 60 %
Riutilizzo interno negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati	≤ 55	fino al 5%

Il Progettista, nelle proprie prescrizioni, potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520 parti 1 e 2 al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, etc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo, o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto quanto previsto nella tabella sopra esposta.

Per quanto riguarda gli aggregati leggeri, questi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 13055. Il sistema di attestazione della conformità è quello riportato nella Tabella 11.1.II.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei lavori, questi sono finalizzati alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella Tabella 11.1.IV, insieme ai relativi metodi di prova.

Tabella 11.1.IV – Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Caratteristiche tecniche	Metodo di prova
Descrizione petrografia semplificata	EN932-3
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)	EN933-1
Indice di appiattimento	EN933-3
Dimensione per il filler	EN933-10
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)	EN933-4
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} \geq C50/60$ )	EN1097-2

Il Progettista, nelle proprie prescrizioni, potrà fare utile riferimento alle norme UNI 8520 parti 1 e 2 al fine di individuare i limiti di accettabilità delle caratteristiche tecniche degli aggregati.

### 11.1.9.3 Aggiunte

È ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali del conglomerato cementizio.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma EN 450 e potranno essere impiegate rispettando i criteri stabiliti dalla UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

I fumi di silice devono essere costituiti da silice attiva amorfa presente in quantità maggiore o uguale all'85% del peso totale.

### 11.1.9.4 Additivi

Gli additivi devono essere conformi alla parte armonizzata della norma europea EN 934-2.

## 11.1.10 CARATTERISTICHE DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Le caratteristiche del conglomerato cementizio possono essere desunte, in sede di progettazione, dalle formulazioni indicate nei successivi punti, ovvero nell'Eurocodice 2 Cap.3, ovvero dalle specifiche indicazioni contenute nella letteratura tecnica consolidata.

### 11.1.10.1 Resistenza a compressione

In termini di resistenza, agli effetti delle presenti norme il conglomerato cementizio è individuato attraverso la resistenza caratteristica a compressione,  $R_{ck}$ , intesa come il valore frattile 5% della distribuzione di resistenza determinata su provini cubici confezionati e conservati secondo la norma EN12390-2 e sottoposti a prova di compressione uniassiale dopo 28 giorni, secondo la norma EN 12390-3

Nel seguito si farà riferimento anche alla resistenza cilindrica  $f_{ck}$ , intesa come il medesimo valore frattile ma riferita a cilindri di diametro 150 mm e altezza 300 mm; in sede di progetto, è possibile passare dalla resistenza cubica (rapporto base-altezza = 1) a quella cilindrica (rapporto diametro-altezza = 2) mediante l'espressione:



$$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck}$$

### 11.1.10.2 Resistenza a trazione

La resistenza a trazione del calcestruzzo può essere determinata a mezzo di diretta sperimentazione, condotta su provini appositamente confezionati, secondo la norma EN 12390-2. Per l'esecuzione della prove si deve fare riferimento alla normativa di seguito indicata:

- prove di trazione diretta: UNI 6135;
- prove di trazione indiretta: UNI EN 12390-6;
- prove di trazione per flessione: UNI EN 12390-5.

In sede di progettazione si può assumere come resistenza media a trazione semplice (assiale) del conglomerato cementizio il valore convenzionale:

$$f_{ctm} = 0.48 \cdot \sqrt{R_{ck}} \quad (N/mm^2)$$

I valori caratteristici corrispondenti ai frattili 5% e 95% sono assunti, rispettivamente, pari a  $0,7 f_{ctm}$  ed  $1,3 f_{ctm}$ .

Il valore medio della resistenza a trazione per flessione è assunto, in mancanza di sperimentazione diretta, pari a:

$$f_{ctm} = 1,2 f_{ctm}$$

### 11.1.10.3 Modulo elastico

Per modulo elastico istantaneo del calcestruzzo va assunto quello secante tra la tensione nulla  $0.50 R_{cm}$ , determinato sulla base di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma UNI 6556.

In sede di progettazione si può assumere il valore:

$$E_c = 11000 R_{cm}^{1/3} \quad (N/mm^2)$$

Tale formula non è applicabile ai calcestruzzi maturati a vapore. Essa non è da considerarsi vincolante nell'interpretazione dei controlli sperimentali delle strutture.

### 11.1.10.4 Coefficiente di Poisson

Per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (conglomerato cementizio fessurato) e 0,2 (non fessurato).

### 11.1.10.5 Coefficiente di dilatazione termica

Il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può essere determinato a mezzo di apposite prove, da eseguirsi secondo la norma EN 1770.

In sede di progettazione, o in mancanza di una determinazione sperimentale diretta, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può assumersi un valor medio pari a  $10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Si sottolinea come tale quantità dipenda significativamente dal tipo di calcestruzzo considerato (rapporto inerti/legante, tipi di inerti, etc.) e possa assumere valori anche molto diversi da quello suggerito.

#### 11.1.10.6 Ritiro

Il ritiro dipende principalmente dall'umidità ambientale, dalle dimensioni dell'elemento e dal tipo di calcestruzzo utilizzato.

La deformazione assiale per ritiro del calcestruzzo può essere determinata a mezzo di apposite prove, da eseguirsi secondo le norme UNI 6555:1973 e UNI 7086:1972, rispettivamente per calcestruzzi confezionati con inerti aventi dimensioni massime sino a 30 mm, od oltre 30 mm.

In sede di progettazione, e quando non si ricorra ad additivi speciali, il ritiro del calcestruzzo può essere valutato sulla base delle indicazioni di seguito fornite.

La deformazione totale da ritiro si compone di due termini, la deformazione per ritiro da essiccamento e la deformazione per ritiro autogeno. Il ritiro da essiccamento si manifesta lentamente in seguito alla migrazione delle particelle di acqua all'interno della pasta cementizia indurita. Il ritiro autogeno si sviluppa in seguito alla maturazione del calcestruzzo: per tale motivo si manifesta principalmente nel periodo immediatamente successivo al getto.

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

dove:

$\varepsilon_{cs}$  è la deformazione totale per ritiro

$\varepsilon_{cd}$  è la deformazione per ritiro da essiccamento

$\varepsilon_{ca}$  è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento  $\varepsilon_{cd,\infty}$  può essere valutato mediante i valori della seguente Tabella 11.1.V in funzione della resistenza caratteristica a compressione e dell'umidità relativa:

Tabella 11.1.V

$f_{ck}$	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in %)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0.75	-0.70	-0.59	-0.20	-0.20	+0.12
40	-0.60	-0.56	-0.47	-0.29	-0.16	+0.10
60	-0.48	-0.45	-0.38	-0.24	-0.13	+0.08
80	-0.39	-0.36	-0.30	-0.19	-0.11	+0.06
90	-0.35	-0.33	-0.27	-0.17	+0.06	+0.06



Il coefficiente  $k_h$  è funzione del parametro  $h_0$  secondo la tabella seguente:

$h_0$ (mm)	$k_h$
100	1.0
200	0.85
300	0.75
$\geq 500$	0.70

Per valori intermedi dei parametri indicati è consentita l'interpolazione lineare. Lo sviluppo nel tempo della deformazione  $\epsilon_{cd}$  può essere valutato come:

$$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t - t_s) \cdot \epsilon_{cd,\infty}$$

dove la funzione di sviluppo temporale assume la forma

$$\beta_{ds}(t - t_s) = \left[ \frac{(t - t_s)}{350 \cdot (h_0/100)^2 + (t - t_s)} \right]^{0.5}$$

in cui

- $t$  è l'età del calcestruzzo nel momento considerato (in giorni)
- $t_s$  è l'età del calcestruzzo a partire dalla quale si considera l'effetto del ritiro da essiccamento (normalmente il termine del *curing* - in giorni).
- $h_0$  dimensione fittizia (in mm) pari al rapporto  $2 A_c / u$  essendo
- $A_c$  l'area della sezione in conglomerato
- $u$  il perimetro della sezione in conglomerato esposto all'aria.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno  $\epsilon_{ca,\infty}$  può essere valutato mediante l'espressione:

$$\epsilon_{ca,\infty} = -2.5 \cdot (f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} \text{ con } f_{ck} \text{ in MPa.}$$

#### 11.1.10.7 Viscosità

La viscosità del calcestruzzo dipende principalmente dall'umidità ambientale, dalle dimensioni dell'elemento, dal tipo di calcestruzzo utilizzato, dall'età dello stesso al momento della messa in carico e dalla durata e dal livello del carico applicato.

In sede di progettazione, se lo stato tensionale del calcestruzzo, al tempo  $t_0 = j$  di messa in carico, non è superiore a  $0.30 \cdot f_{ckj}$  il coefficiente di viscosità  $\phi(t, t_0)$ , a tempo infinito, può essere dedotto dalle seguenti Tabelle 11.1.VI e 11.1.VII:

Tabella 11.1.VI - Atmosfera con umidità relativa di circa il 75%

$t_0$	$h_0 < 150$ mm	$150 \leq h_0 < 300$	$300 \leq h_0 < 600$	$h_0 \geq 600$
3 ÷ 7 giorni	3.5	3.2	3.0	2.8
8 ÷ 14 giorni	2.9	2.7	2.5	2.3
15 ÷ 30 giorni	2.6	2.4	2.2	2.1
30 ÷ 60 giorni	2.3	2.1	1.9	1.8
> 60 giorni	2.0	1.8	1.7	1.6

Tabella 11.1.VII - Atmosfera con umidità relativa di circa il 55%

$t_0$	$h_0 < 150$ mm	$150 \leq h_0 < 300$	$300 \leq h_0 < 600$	$h_0 \geq 600$
3 + 7 giorni	4.5	4.0	3.6	3.3
8 + 14 giorni	3.7	3.3	3.0	2.8
15 + 30 giorni	3.3	3.0	2.7	2.5
30 + 60 giorni	2.9	2.6	2.3	2.2
> 60 giorni	2.5	2.3	2.1	1.9

Per valori intermedi è ammessa una interpolazione lineare.

Nel caso in cui sia richiesta una valutazione in tempi diversi da  $t = \infty$  del coefficiente di viscosità questo potrà essere valutato secondo la seguente espressione:

$$\phi(t, t_0) = \phi_0 \cdot \beta_{cc}(t - t_0),$$

dove

$$\phi_0 = \phi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0),$$

$$\phi_{RH} = \left[ 1 + \frac{1 - RH}{0.1 \cdot \sqrt[3]{h_0}} \cdot \alpha_1 \right] \cdot \alpha_2,$$

RH = è l'umidità relativa dell'ambiente espressa in percentuale (es: 0.55),

$$\alpha_1 = \begin{cases} 1 & \text{se } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \\ \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.70} & \text{se } f_{cm} > 35 \text{ MPa}, \end{cases}$$

$$\alpha_2 = \begin{cases} 1 & \text{se } f_{cm} \leq 35 \text{ MPa} \\ \left[ \frac{35}{f_{cm}} \right]^{0.20} & \text{se } f_{cm} > 35 \text{ MPa}, \end{cases}$$

$$\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}},$$

$f_{cm}$  = resistenza a compressione media a 28 giorni di maturazione (in MPa);  
in mancanza di diretta sperimentazione  $f_{cm} = f_{ck} + 8$  (in MPa),

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.20})}.$$

Per valutazioni più approfondite e nei casi in cui la definizione della deformazione viscosa risulti particolarmente critica si rimanda all'Eurocodice 2 (EN 1992-1).



### **11.1.11. DURABILITÀ**

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario o precompresso, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico, dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo.

A tal fine il progettista, valutate opportunamente le condizioni ambientali del sito ove sorgerà la costruzione o quelle di impiego, deve fissare le caratteristiche del calcestruzzo da impiegare (composizione e resistenza meccanica), i valori del copriferro e le regole di maturazione.

Ai fini della valutazione della durabilità del conglomerato cementizio, unitamente alla "Resistenza di prelievo", può essere determinato il valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione in mm.

Per la prova di determinazione della profondità della penetrazione dell'acqua in pressione nel calcestruzzo indurito vale quanto indicato nella UNI EN 12390-4.

Al fine di ottenere la prestazione richiesta, il progettista potrà fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale ovvero nelle norme UNI EN 206-1 ed UNI 11104.

Per la definizione della classe di resistenza in funzione delle condizioni ambientali il progettista potrà far riferimento alla norma europea EN 206-1 ovvero alle "Linee guida sul calcestruzzo strutturale" edite dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio superiore dei lavori pubblici.

## **11.2. ACCIAIO**

### **11.2.1. PRESCRIZIONI COMUNI A TUTTE LE TIPOLOGIE DI ACCIAIO**

#### **11.2.1.1 Controlli di produzione in fabbrica e procedure di qualificazione**

Tutti gli acciai oggetto delle presenti norme, siano essi destinati ad utilizzo come armature per cemento armato ordinario o precompresso o ad utilizzo diretto come carpenterie in strutture metalliche devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Ai fini della certificazione del sistema di gestione della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare riferimento alle

indicazioni contenute nelle relative norme europee disponibili EN 10080, EN 10138, EN 10025, EN 10210, EN 10219.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, ai sensi del DPR n.246/93 di recepimento della direttiva 89/106/CE, la valutazione della conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.

Nel caso di prodotti coperti da marcatura CE, devono essere comunque rispettati, laddove applicabili, i punti del presente paragrafo 11.2 non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Il Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici è organismo abilitato al rilascio dell'attestato di qualificazione per gli acciai di cui sopra.

L'inizio della procedura di qualificazione deve essere preventivamente comunicato al Servizio Tecnico Centrale allegando una relazione ove siano riportati:

- elenco e caratteristiche dei prodotti che si intende qualificare (tipo, dimensioni, caratteristiche meccaniche e chimiche, ecc.);
- indicazione dello stabilimento e descrizione degli impianti e dei processi di produzione;
- descrizione dell'organizzazione del controllo interno di qualità con indicazione delle responsabilità aziendali;
- copia della certificazione del sistema di gestione della qualità;
- indicazione dei responsabili aziendali incaricati della firma dei certificati;
- descrizione particolareggiata delle apparecchiature e degli strumenti del Laboratorio interno di stabilimento per il controllo continuo di qualità;
- dichiarazione con la quale si attesti che il servizio di controllo interno della qualità sovrintende ai controlli di produzione ed è indipendente dai servizi di produzione;
- modalità di marcatura che si intende adottare per l'identificazione del prodotto finito;
- descrizione delle condizioni generali di produzione del Prodotto nonché dell'approvvigionamento delle materie prime e del prodotto intermedio (billette, rotoli, vergella, etc.);
- copia controllata del manuale di qualità aziendale, coerente alle norme della serie ISO 9000.

Il Servizio Tecnico Centrale verifica la completezza e congruità della documentazione presentata e procede a una verifica documentale preliminare della idoneità dei processi produttivi e del Sistema di Gestione della Qualità nel suo complesso.

Se tale verifica preliminare ha esito positivo, il Servizio Tecnico Centrale potrà effettuare una verifica ispettiva presso lo stabilimento di produzione.

Il risultato della Verifica Documentale Preliminare unitamente al risultato della Verifica Ispettiva saranno oggetto di successiva valutazione da parte del Servizio Tecnico Cen-



trale per la necessaria ratifica e notifica al produttore. In caso di esito positivo il Produttore potrà proseguire nella Procedura di Qualificazione del Prodotto. In caso negativo saranno richieste al Produttore le opportune azioni correttive che dovranno essere implementate.

La Procedura di Qualificazione del Prodotto continua con:

- esecuzione delle Prove di Qualificazione a cura del Laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 incaricato dal Servizio Tecnico Centrale su proposta del produttore secondo le procedure di cui al punto 11.2.1.4;
- invio dei risultati delle prove di qualificazione da sottoporre a giudizio di conformità al Servizio Tecnico Centrale da parte del laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 incaricato;
- in caso di giudizio positivo il Servizio Tecnico Centrale provvede al rilascio dell'Attestato di Qualificazione al produttore e inserisce il Produttore nel Catalogo Ufficiale dei Prodotti Qualificati che sarà reso disponibile sul sito internet;
- in caso di giudizio negativo, il Produttore può individuare le cause delle non conformità, apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione sia al Servizio Tecnico Centrale che al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di qualificazione.

Il prodotto può essere immesso sul mercato solo dopo il rilascio dell'Attestato di Qualificazione. La qualificazione ha validità 5 (cinque) anni.

#### **11.2.1.1.2 MANTENIMENTO E RINNOVO DELLA QUALIFICAZIONE**

Per il mantenimento della qualificazione i Produttori sono tenuti, con cadenza semestrale entro 60 giorni dalla data di scadenza del semestre di riferimento ad inviare al Servizio Tecnico Centrale:

- 1) dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità del processo produttivo, dell'organizzazione del controllo interno di produzione in fabbrica;
- 2) i risultati dei controlli interni eseguiti nel semestre sul prodotto nonché la loro elaborazione statistica con l'indicazione del quantitativo di produzione e del numero delle prove;
- 3) i risultati dei controlli eseguiti nel corso delle prove di verifica periodica della qualità, da parte del laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001;
- 4) la documentazione di conformità statistica dei parametri rilevati (di cui ai prospetti relativi agli acciai specifici) nel corso delle prove di cui ai punti 2) e 3). Per la conformità statistica tra i risultati dei controlli interni ed i risultati dei controlli effettuati dal Laboratorio incaricato, devono essere utilizzati test statistici di confronto delle varianze e delle medie delle due serie di dati, secondo i procedimenti del controllo della qualità (UNI 6809-72 e 6806-72).

Il Produttore deve segnalare al Servizio Tecnico Centrale ogni eventuale modifica al processo produttivo o al sistema di controllo anche temporanea.

Il Servizio Tecnico Centrale esamina la documentazione, ne accerta la conformità ai requisiti previsti nel presente decreto e rilascia l'Attestato di Conferma della qualificazione.

Ogni sospensione della produzione deve essere tempestivamente comunicata al Servizio Tecnico Centrale indicandone le motivazioni. Qualora la produzione venga sospesa per oltre un anno, la procedura di qualificazione deve essere ripetuta. La sospensione della produzione non esenta gli organismi incaricati dall'effettuare le visite di ispezione periodica della qualità di cui ai punti 11.2.2.8, 11.2.3.5 e 11.2.4.8.

Il Servizio Tecnico Centrale può effettuare o far effettuare, in qualsiasi momento, al Laboratorio incaricato ulteriori visite ispettive finalizzate all'accertamento della sussistenza dei requisiti previsti per la qualificazione.

Al termine del periodo di validità di 5 (cinque) anni dell'Attestato di Qualificazione il produttore deve chiedere il rinnovo, il Servizio Tecnico Centrale, valutata anche la conformità relativa all'intera documentazione fornita nei 5 (cinque) anni precedenti, rinnoverà la qualificazione.

Il mancato invio della documentazione di cui sopra entro i previsti sessanta giorni ovvero l'accertamento da parte del Servizio Tecnico Centrale di rilevanti non conformità, comporta la sospensione ovvero la decadenza della qualificazione.

#### **11.2.1.2 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati**

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Ogni prodotto deve essere marcato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marcatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marcatura adottati, anche in relazione all'uso, quali ad esempio l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhettatura, la sigillatura dei fasci e altri.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, etc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispetta-



re le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

La mancata marcatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marcatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

In tal caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dal direttore dei lavori.

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marcature o etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale.

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il Laboratorio incaricato informa di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

#### **11.2.1.3 Forniture e documentazione di accompagnamento**

Tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.2.1.4 Prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità**

I laboratori incaricati, di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, devono operare secondo uno specifico piano di qualità approvato dal Servizio Tecnico Centrale.

I certificati di prova emessi dovranno essere uniformati ad un modello standard elaborato dal Servizio Tecnico Centrale.

I relativi certificati devono contenere almeno:

- l'identificazione dell'azienda produttrice e dello stabilimento di produzione;
- l'indicazione del tipo di prodotto e della eventuale dichiarata saldabilità;
- il marchio di identificazione del prodotto depositato presso il Servizio Tecnico Centrale;
- gli estremi dell'attestato di qualificazione nonché l'ultimo attestato di conferma della qualificazione (per le sole verifiche periodiche della qualità);
- la data del prelievo, il luogo di effettuazione delle prove e la data di emissione del certificato;
- le dimensioni nominali ed effettive del prodotto ed i risultati delle prove eseguite;
- l'analisi chimica per i prodotti dichiarati saldabili (o comunque utilizzati per la fabbricazione di prodotti finiti elettrosaldati);
- le elaborazioni statistiche previste nei punti: 11.2.2.8, 11.2.3.5 e 11.2.4.8;

I prelievi in stabilimento sono effettuati, ove possibile, dalla linea di produzione.

Le prove possono essere effettuate dai tecnici del laboratorio incaricato, anche presso lo stabilimento del produttore, qualora le attrezzature utilizzate siano tarate e la loro idoneità sia accertata e documentata.

Di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione nel rapporto di prova nel quale deve essere presente la dichiarazione del rappresentante del laboratorio incaricato relativa all'idoneità delle attrezzature utilizzate.

In caso di risultato negativo delle prove il Produttore deve individuare le cause e apportare le opportune azioni correttive, dandone comunicazione al Laboratorio incaricato e successivamente ripetere le prove di verifica.

Le specifiche per l'effettuazione delle prove di qualificazione e delle verifiche periodiche della qualità, ivi compresa la cadenza temporale dei controlli stessi, sono riportate rispettivamente nei punti seguenti:

punto 11.2.2.8, per acciai per cemento armato in barre o rotoli;

punto 11.2.3.5, per acciai per cemento armato precompresso;

punto 11.2.4.8, per acciai per carpenterie metalliche.

## **11.2.2. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO LAMINATO A CALDO**

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al precedente punto 11.2.1 e controllati con le modalità riportate nei punti: 11.2.2.8 e 11.2.3.5.

L'acciaio per cemento armato laminato a caldo, denominato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:



$f_{v, nom}$	450 N/mm <sup>2</sup>
$f_{t, nom}$	540 N/mm <sup>2</sup>

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tabella 11.2.1:

Tabella 11.2.1

		CARATTERISTICHE
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq f_{v, nom}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$\geq f_{t, nom}$ (N/mm <sup>2</sup> )
	$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$
	$(f_v/f_{v, nom})_k$	$\leq 1,35$
	$(f_t/f_{t, nom})_k$	$\leq 1,25$
Allungamento	$(A_{gt})_k$	$\geq 7\%$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90 ° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
	$\phi < 12$ mm	4 $\phi$
	$12 \leq \phi \leq 16$ mm	5 $\phi$
	per $16 < \phi \leq 25$ mm	8 $\phi$
	per $25 < \phi \leq 50$ mm	10 $\phi$

### 11.2.2.1 Accertamento delle proprietà meccaniche

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e UNI EN ISO 15630-2.

Per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per  $60^{+15-0}$  minuti a  $100^{+10}$  °C e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

In ogni caso, qualora lo snervamento non sia chiaramente individuabile, si sostituisce  $f_y$  con  $f_{0,2}$ .

La prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di  $20 \pm 5$  °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 30 minuti a  $100^{+10}$  °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°. Dopo la prova il campione non deve presentare cricche.

### 11.2.2.2 Caratteristiche dimensionali

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati o preassemblati in appositi centri di trasformazione, a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera, quali:

- elementi presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.);
- elementi preassemblati (gabbie di armatura, ecc.)

Tutti gli acciai per cemento armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte ad aumentarne l'aderenza al conglomerato cementizio.

Per quanto riguarda la marcatura dei prodotti vale quanto indicato al punto 11.2.1.2.

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.2.1.3

#### BARRE E ROTOLI

Le barre sono caratterizzate dal diametro  $\varnothing$  della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a  $7,85 \text{ kg/dm}^3$ .

Il diametro  $\varnothing$  delle barre deve essere compreso tra 6 e 50 mm.

Per barre con diametri superiori a 40 mm la struttura va considerata composta e valgono le regole delle strutture composte acciaio-conglomerato cementizio.

L'uso di acciai forniti in rotoli è ammesso, senza limitazioni, per diametri fino a  $\varnothing \leq 16$ . Nel luogo di lavorazione, dove avviene il raddrizzamento, per tenere in conto del danneggiamento della superficie del tondo ai fini dell'aderenza opportune prove dovranno essere condotte così come indicato al punto 11.2.2.8.4. Quando il raddrizzamento avviene a caldo, bisogna verificare che siano mantenute le caratteristiche meccaniche dell'acciaio.

#### RETI E TRALICCI ELETTROSALDATI

Si intendono per reti elettrosaldate le armature costituite da due sistemi di barre parallele ortogonali equidistanziate, assemblate per saldatura negli incroci chiamati nodi. Gli acciai delle reti elettrosaldate devono essere saldabili.

La equidistanza non può superare 330 mm.

I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature. Gli acciai per i tralicci elettrosaldati devono essere saldabili.

Le reti ed i tralicci costituiti con acciaio di cui al punto 11.2.2.3 devono avere diametro  $\varnothing$  compreso tra 5 e 12 mm.

I nodi delle reti devono resistere ad una forza di distacco determinata in accordo con la UNI EN ISO 15630-2 pari al 30% della forza di snervamento della barra. Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo, va controllata e certificata dal produttore di reti.

In ogni elemento di rete o traliccio le singole armature componenti devono avere le stesse caratteristiche.

La produzione di reti e tralicci elettrosaldati può essere effettuata a partire da materiale di base prodotto nello stesso stabilimento di produzione del prodotto finito o da materiale di base proveniente da altro stabilimento.



Le reti ed i tralicci elettrosaldati devono essere formati partendo da barre o rotoli dotate di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile lo stabilimento del produttore della rete o traliccio elettrosaldato, seguita da una marcatura che identifichi il produttore dell'elemento base (barra o rotolo).

La marcatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marcatura supplementare indelebile identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento la marcatura del prodotto finito può coincidere con la marcatura dell'elemento base.

### 11.2.2.3 Acciai per cemento armato trafilati a freddo

L'acciaio trafilato a freddo, denominato B450A, caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio laminato a caldo B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tabella 11.2.Ib.

Tabella 11.2.Ib

		CARATTERISTICHE
Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk}$	$\geq f_{y, nom}$ (N/mm <sup>2</sup> )
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk}$	$\geq f_{t, nom}$ (N/mm <sup>2</sup> )
	$(f_p/f_y)_k$	$\geq 1,05$
	$(f_t/f_{t, nom})_k$	$\leq 1,25$
Allungamento	$(A_{gt})_k$	$\geq 3\%$
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: per $\phi \leq 12$ mm		4 $\phi$

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al punto 11.2.2.1.

Nella valutazione del momento ultimo, ovvero della tensione ammissibile, va applicato, alla tensione caratteristica di riferimento oltre al coefficiente parziale  $\gamma_m$ , un coefficiente di modello  $\gamma_E=1,2$ .

Nel caso in cui l'acciaio trafilato a freddo rispetti le prescrizioni di cui alla tabella 11.2.Ia, valgono le prescrizioni di cui al punto 11.2.2.

### 11.2.2.4 Centri di trasformazione

Si definisce Centro di trasformazione un impianto che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, ad esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera.

Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al punto 11.2.1.3.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione, vengono utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni tali da compromettere le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dalle presenti norme.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi degli attestati di qualificazione del prodotto di origine.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

I centri di trasformazione sono identificati, ai sensi del presente decreto, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare i controlli obbligatori previsti in cantiere, secondo le indicazioni contenute al punto 11.2.2.8.2.

A tal fine è fatto obbligo a tali centri di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che assume le responsabilità affidate, per norma, al direttore dei lavori.

L'esecuzione delle prove presso il centro di trasformazione non esclude che il direttore dei lavori dell'opera, nell'ambito della propria discrezionalità, possa effettuare in cantiere tutti gli eventuali ulteriori controlli che ritenga opportuni.

I centri di trasformazione sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando la loro organizzazione, i procedimenti di saldatura e di sagomatura impiegati, le massime dimensioni delle barre e/o dei rotoli utilizzati, nonché le modalità di marcatura per l'identificazione del centro nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità che sovrintende al processo produttivo.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di saldatura. In particolare il Direttore di stabilimento deve verificare, tramite opportune prove, che le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche del prodotto. Per i processi di saldatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

Nella dichiarazione deve, inoltre, essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine.

Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al direttore dello stabilimento, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità, ai sensi del presente decreto, sui controlli sui materiali.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra.



La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata, in aggiunta alla documentazione di cui al punto 11.2.1.3., da copia dei certificati delle prove fatte eseguire dal direttore dello stabilimento e della sopra citata dichiarazione.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

### 11.2.2.5 Saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nel Tabella 11.2.II dove il calcolo del carbonio equivalente  $C_{eq}$  è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

Tabella 11.2.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	0,013	0,012
Carbonio equivalente	$C_{eq}$	0,52	0,50

- È possibile eccedere il valore max. di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del  $C_{eq}$  venga ridotto dello 0,02% in massa.
- Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

### 11.2.2.6 Tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale deve essere come riportato nel Tabella 11.2.III seguente.

Tabella 11.2.III

Diametro nominale, (mm)	5 a ≤8	>8 ≤ 50
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	± 6	± 4,5

### 11.2.2.7 Altri tipi di acciai

#### 11.2.2.7.1 ACCIAI INOSSIDABILI

È ammesso l'impiego di acciai inossidabili purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai di cui al punto 11.2.2, con l'avvertenza di sostituire al termine  $f_t$  della Tabella 11.2.1, il termine  $f_{7\%}$ , ovvero la tensione corrispondente ad un allungamento  $A_{gt}=7\%$ . La saldabilità di tali acciai va documentata attraverso prove di saldabilità certificate da un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldatura, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore.

Per essi la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

#### 11.2.2.7.2 ACCIAI ZINCATI

È ammesso l'uso di acciai zincati purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali.

La qualificazione e, di conseguenza, la relativa verifica delle caratteristiche sopra indicate deve essere effettuata sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura.

La marcatura deve consentire l'identificazione sia del produttore dell'elemento base che dello stabilimento di zincatura; pertanto, nel caso in cui la zincatura venga effettuata su prodotti già qualificati all'origine e, quindi, dotati di marcatura indelebile, deve essere prevista una marcatura aggiuntiva che identifichi lo stabilimento di zincatura.

Per essi la qualificazione con le successive verifiche e' ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

### 11.2.2.8 Procedure di controllo in stabilimento per acciai da cemento armato ordinario - barre e rotoli

#### 11.2.2.8.1 CONTROLLI IN SISTEMATICI

##### *Generalità*

Le prove di qualificazione e di verifica periodica, di cui ai successivi punti, devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti, anche se provenienti dallo stesso stabilimento e per i diversi gruppi di diametri di seguito indicati:

- a) diametro compreso tra 5 e 32 mm;
- b) diametro maggiore di 32 mm;
- c) diametro fino a 16 mm (rotoli).

I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marcatura differenziata.

Il produttore, qualora lo richieda, ha la facoltà di non avvalersi della suddivisione in gruppi di diametri.



**Prove di qualificazione**

Il laboratorio incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 25 saggi, ricavati da cinque diverse colate o lotti di produzione, cinque per ogni colata o lotto di produzione. Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

L'operazione viene ripetuta, per ognuno dei gruppi di cui al precedente paragrafo, su tre diametri diversi.

Sui campioni vengono determinati, a cura del laboratorio incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura  $f_y$  e  $f_t$ , l'allungamento  $Agt$  ed effettuate le prove di piegamento.

**PROCEDURA DI VALUTAZIONE***Valutazione dei risultati*

Le grandezze caratteristiche  $f_y$ ,  $f_t$ ,  $Agt$ ,  $f_t/f_y$  devono soddisfare la seguente relazione:

$$\bar{x} - ks \geq C_v$$

Le grandezze  $(f_y/f_{ynom})_k$  ed il valore superiore di  $f_t/f_y$  devono soddisfare la seguente relazione:

$$\bar{x} + ks \leq C_v$$

dove:

$C_v$  = valore prescritto per le singole grandezza nella tabella del punto 2.2

$\bar{x}$  = valore medio

$s$  = deviazione standard della popolazione

$k$  = è il coefficiente riportato in tab 1 per  $f_t$  e  $f_y$  e in tab 2 per  $Agt$ ,  $f_t/f_y$  e  $f_y/f_{ynom,k}$  stabilito in base al numero dei saggi.

Nel presente caso "n" è pari a 25.

Qualora il produttore opti per la non suddivisione in gruppi di diametri le prove di qualificazione vertono su 75 saggi, prelevati da 15 diverse colate o lotti di produzione, cinque per ogni colata o lotto di produzione, indipendentemente dal diametro, si pone  $n = 75$ .

In ogni caso il coefficiente  $k$  assume, in funzione di  $n$ , i valori riportati nelle Tabelle 11.2.IV e 11.2.V.

Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'indice di aderenza di cui al punto 11.2.2.8.1.4.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di qualificazione non soddisfi i requisiti di resistenza o duttilità di cui al punto 11.2.2 delle norme tecniche, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi va ripetuto ed il nuovo prelievo sostituisce a tutti gli effetti quello precedente. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della prova di qualificazione.

**Tabella 11.2.IV** -  $f_y$  -  $f_t$  - Coefficiente  $k$  in funzione del numero  $n$  di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 5 % [ $p = 0,95$ ] con una probabilità del 90 %)

$n$	$k$	$n$	$k$
5	3,40	30	2,08
6	3,09	40	2,01
7	2,89	50	1,97
8	2,75	60	1,93
9	2,65	70	1,90
10	2,57	80	1,89
11	2,50	90	1,87
12	2,45	100	1,86
13	2,40	150	1,82
14	2,36	200	1,79
15	2,33	250	1,78
16	2,30	300	1,77
17	2,27	400	1,75
18	2,25	500	1,74
19	2,23	1000	1,71
20	2,21	--	1,64

**Tab. 11.2.V** -  $A_{gr}$ ,  $f_t/f_y$  e  $f_y/f_{y_{nom}}$  - Coefficiente  $k$  in funzione del numero  $n$  di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 10 % [ $p = 0,90$ ] con una probabilità del 90 %)

$n$	$k$	$n$	$k$
5	2,74	30	1,66
6	2,49	40	1,60
7	2,33	50	1,56
8	2,22	60	1,53
9	2,13	70	1,51
10	2,07	80	1,49
11	2,01	90	1,48
12	1,97	100	1,47
13	1,93	150	1,43
14	1,90	200	1,41
15	1,87	250	1,40
16	1,84	300	1,39
17	1,82	400	1,37
18	1,80	500	1,36
19	1,78	1000	1,34
20	1,77	--	1,282

**Prove di verifica della qualità**

Ai fini della verifica della qualità il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari, ad intervalli non superiori ad un mese, prelevando tre serie di 5 campioni, costituite ognuna da cinque barre di uno stesso diametro scelto entro ciascuno dei gruppi di diametri di cui al paragrafo "Generalità" e provenienti da una stessa colata.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Su tali serie il laboratorio effettua le prove di resistenza e di duttilità. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e rottura vengono introdotti nelle precedenti espressioni, le quali vengono sempre riferite a cinque serie di cinque saggi, facenti parte dello stesso gruppo di diametri, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ot-



tenuti vengono quindi utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni, caratteristiche, sostitutive delle precedenti (ponendo  $n = 25$ ).

Qualora il produttore non si avvalga della suddivisione in gruppi di diametri, i controlli saltuari vertono, per ogni gamma merceologica, su 15 saggi, prelevati da tre diverse colate, 5 per ogni colata o lotto di produzione, indipendentemente dal diametro. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e rottura vengono sempre riferite a quindici serie di cinque saggi, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo le tre nuove colate o lotti di produzione ed eliminando le prime tre in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi calcolati per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche sostitutive delle precedenti (ponendo  $n = 75$ ).

Ove i valori caratteristici riscontrati risultino inferiori ai minimi di cui al punto 11.2.2, il laboratorio incaricato ne dà comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripete le prove di qualificazione solo dopo che il produttore ha avviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di verifica della qualità non soddisfi i requisiti di duttilità di cui al punto 11.2.2, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi va ripetuto. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della qualificazione.

Le tolleranze dimensionali di cui al punto 11.2.2.6 vanno riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione. Qualora la tolleranza sulla sezione superi il  $\pm 2\%$ , il rapporto di prova di verifica deve riportare i diametri medi effettivi.

Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'indice di aderenza.

#### **11.2.2.8.2 CONTROLLI SU SINGOLE COLATE O LOTTI DI PRODUZIONE**

I produttori già qualificati possono richiedere, di loro iniziativa, di sottoporsi a controlli su singole colate o lotti di produzione, eseguiti a cura di un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001. Le colate o lotti di produzione sottoposti a controllo devono essere cronologicamente ordinati nel quadro della produzione globale. I controlli consistono nel prelievo, per ogni colata e lotto di produzione e per ciascun gruppo di diametri da essi ricavato, di un numero  $n$  di saggi, non inferiore a dieci, sui quali si effettuano le prove previste al punto 11.2.2.8.1 Prove di qualificazione comma quarto. Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura vengono calcolate a mezzo delle espressioni di cui al punto 11.2.2.8.1 nelle quali  $n$  è il numero dei saggi prelevati dalla colata.

#### **11.2.2.8.3 CONTROLLI NEI CENTRI DI TRASFORMAZIONE O NEI LUOGHI DI LAVORAZIONE DELLE BARRE. ACCETTAZIONE IN CANTIERE.**

I controlli sono obbligatori e devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico di cui al punto 11.2.2.8.1, in ragione di 3 spezzoni, marcati, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun gruppo di diametri per ciascuna fornitura, 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 della partita.

I valori minimi per quanto riguarda il controllo della resistenza e dell'allungamento, accertati in accordo con il punto 11.2.2.1, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, sono i seguenti:

#### Valori Limite di Accettazione

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	≥ 5.0%	per acciai laminati a caldo
Agt minimo	≥ 1.0%	per acciai trafilati a freddo
Rottura/snervamento	$1.11 \leq f_t/f_y \leq 1.37$	per acciai laminati a caldo
Rottura/snervamento	$f_t/f_y \geq 1.03$	per acciai trafilati a freddo

Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova.

Nel caso di campionamento e prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, 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, 10 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 DPR 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.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore dei lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.



I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

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

I certificati devono riportare, inoltre, l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I controlli in cantiere sono obbligatori, devono riferirsi agli stessi gruppi di diametri contemplati nelle prove a carattere statistico e devono essere eseguiti secondo le medesime disposizioni di cui al punto 11.2.2.1.

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 di cui al punto precedente. 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).

#### 11.2.2.8.4 PROVE DI ADERENZA

Ai fini della qualificazione, le barre devono superare con esito positivo prove di aderenza secondo il metodo Beam - test da eseguirsi presso uno dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, con le modalità specificate nella CNR-UNI 10020 (gennaio 1971). La tensione di aderenza  $t_d$  valutata secondo la CNR-UNI 10020 (gennaio 1971) verrà riferita ad una resistenza nominale del calcestruzzo di  $27 \text{ N/mm}^2$ , mediante l'applicazione della seguente formula di correzione:

$$\tau_c = \tau_d - (R_c - 27) \cdot 0,2 (\text{N/mm}^2)$$

valida nell'intervallo:

$$22 \leq R_c \leq 32 (\text{N/mm}^2)$$

essendo:

$\tau_c$  la tensione di aderenza corretta;

$\tau_d$  la tensione di aderenza rilevata sperimentalmente;

$R_c$  la resistenza del calcestruzzo all'atto della prova.

Le prove devono essere estese ad almeno tre diametri scelti, indipendentemente dalla suddivisione in gruppi, come segue:

- uno nell'intervallo  $5 \leq \varnothing \leq 10$  mm;
- uno nell'intervallo  $12 \leq \varnothing \leq 18$  mm;
- uno pari al diametro massimo.

Per le verifiche periodiche della qualità e per le verifiche delle singole partite, non è richiesta la ripetizione delle prove di aderenza quando se ne possa determinare la rispondenza nei riguardi delle caratteristiche e delle misure geometriche, con riferimento alla serie di barre che hanno superato le prove stesse con esito positivo.

Le tensioni tangenziali di aderenza  $\tau_m$  e  $\tau_r$ , desunte dalla prova, come media dei risultati ottenuti sperimentando almeno quattro travi per ogni diametro, devono soddisfare le condizioni seguenti:

$$\tau_m \geq \tau_m^* = 8 - 0,12\Phi$$

$$\tau_r \geq \tau_r^* = 13 - 0,19\Phi$$

ove  $\tau_m$ ,  $\tau_m^*$ ,  $\tau_r$  e  $\tau_r^*$  sono espressi in  $N/mm^2$  e  $\Phi$  è espresso in mm.

Per accertare la rispondenza delle singole partite nei riguardi delle proprietà di aderenza, si calcolerà per un numero significativo di barre il valore dell'indice di aderenza  $I_R$  definito dall'espressione:

$$I_R = \frac{2\alpha_m l_R \cos(90^\circ - \beta)}{\pi \varnothing_n c}$$

confrontando quindi il valore medio di  $I_R$  con il corrispondente  $I_R(L)$  valutato sulle barre provate in laboratorio.

La partita è ritenuta idonea se è verificata al meno una delle due seguenti ineguaglianze (A) e (B):

$$\frac{I_R}{I_R(L)} \geq \frac{\tau_m^*}{\tau_m} \quad (A)$$

$$I_R \geq 0,048 \text{ per } 5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 6 \text{ mm}$$

$$I_R \geq 0,055 \text{ per } 6 \text{ mm} < \varnothing \leq 8 \text{ mm}$$

$$I_R \geq 0,060 \text{ per } 8 \text{ mm} < \varnothing \leq 12 \text{ mm} \quad (B)$$

$$I_R \geq 0,065 \text{ per } \varnothing > 12 \text{ mm}$$

essendo:

$\tau_m^*$  = valore limite di  $\tau_m$  quale sopra definito per il diametro considerato;

$\tau_m$ ,  $\tau_r$  = valori desunti dalle prove di laboratorio;



- $\varnothing_n$  = diametro nominale della barra;  
 $c$  = interasse delle nervature;  
 $\alpha_m$  = altezza media delle nervature;  
 $\beta$  = inclinazione delle nervature sull'asse della barra espressa in gradi;  
 $l_R$  = lunghezza delle nervature;  
 $I_R$  = valore di  $I_R$  determinato sulle barre della fornitura considerata;  
 $I_R(L)$  = valore di  $I_R$  determinato sulle barre provate in laboratorio.

Qualora il profilo comporti particolarità di forma non contemplate nella definizione di  $I_R$  (ad esempio nocciolo non circolare), l'ineguaglianza (A) deve essere verificata per i soli risalti o nervature.

Nel certificato di prova devono essere descritte le caratteristiche geometriche della sezione e delle nervature e deve, inoltre, essere indicata quale delle due disuguaglianze (A) o (B) viene rispettata.

### 11.2.2.9 Procedure di controllo in stabilimento per acciai da cemento armato ordinario - reti e tralicci elettrosaldati

#### 11.2.2.9.1 CONTROLLI SISTEMATICI

##### *Prove di qualificazione*

Il laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 effettua, presso lo stabilimento di produzione, in almeno quattro sopralluoghi senza preavviso il prelievo di una serie di 80 saggi, ricavati da 40 diversi pannelli, 2 per ogni elemento.

Ogni saggio deve consentire due prove:

- 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;
- prova di resistenza al distacco offerta dalla saldatura del nodo, determinata forzando con idoneo dispositivo il filo trasversale nella direzione di quello maggiore posto in trazione.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

Per la determinazione delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura, determinate in accordo con il punto 11.2.2.1, valgono le medesime formule di cui al punto 11.2.2.8.1 dove  $n$ , numero dei saggi considerati, va assunto nel presente caso pari a 80, ed il coefficiente  $k$  assume, in funzione di  $n$ , i valori riportati nelle tabelle di cui al punto 11.2.2.8.1.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di qualificazione non soddisfi i requisiti previsti nelle norme tecniche relativamente ai valori di allungamento o resistenza al distacco, il prelievo relativo all'elemento di cui trattasi va ripetuto su un altro elemento della stessa partita. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione delle prove di qualificazione.

**Prove di verifica della qualità**

Il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari ad intervalli non superiori ad un mese, su serie di 20 saggi, ricavati da 10 diversi elementi. 2 per ogni elemento. Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

Sulla serie il laboratorio effettua la prova di trazione e di distacco. I corrispondenti risultati vengono aggiunti a quelli dei precedenti prelievi dopo aver eliminato la prima serie in ordine di tempo.

Si determinano così le nuove tensioni caratteristiche sostitutive delle precedenti sempre ponendo  $n=80$ .

Ove i valori caratteristici riscontrati risultino inferiori ai minimi di cui al punto 11.2.2. il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripete la qualificazione solo dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di verifica non soddisfi i valori previsti al punto 11.2.2, il prelievo relativo all'elemento di cui trattasi va ripetuto su un altro elemento della stessa partita. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. In caso di ulteriore risultato negativo, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

**11.2.2.9.2 CONTROLLI SU SINGOLI LOTTI DI PRODUZIONE.**

Si definiscono lotti di produzione partite ottenute con produzione continua comprese fra 30 e 100 tonnellate.

Negli stabilimenti soggetti ai controlli sistematici, i produttori qualificati possono sottoporre a controlli singoli lotti di produzione a cura del laboratorio incaricato.

I controlli consistono nel prelievo per ogni lotto di un numero  $n$  di saggi, non inferiore a venti e ricavati da almeno dieci diversi elementi, sui quali si effettuano le prove previste al punto 11.2.2.8.1.

Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura vengono calcolate a mezzo le formule di cui al punto 11.2.2.8.1 nelle quali  $n$  è il numero dei saggi prelevati.

**11.2.2.9.3 CONTROLLI NEL CENTRO DI TRASFORMAZIONE, NEL LUOGO DI LAVORAZIONE DELLE RETI E DEI TRALICCI O IN CANTIERE.**

I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati con le medesime procedure di cui al punto 11.2.2.4.

**11.2.3. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO PRECOMPRESSO.**

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al precedente punto 11.2.1.

**11.2.3.1 Caratteristiche dimensionali**

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito sotto forma di:



*Filo*: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;

*Barra*: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;

*Treccia*: 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; passo e senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;

*Trefolo*: fili avvolti ad elica intorno ad un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo ed il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere tondi o di altre forme; vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante.

Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pre-tese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, con risalti; vengono individuate mediante il diametro nominale.

Per quanto riguarda la marcatura dei prodotti, generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature, vale quanto indicato al punto 11.2.1.2.

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.2.1.3.

Gli acciai possono essere forniti in rotoli (fili, trecce, trefoli), in bobine (trefoli), in fasci (barre).

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm; il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte deve essere esente da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; per i trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfalsate.

All'atto della posa in opera gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

#### **11.2.3.2 Caratteristiche chimiche, fisiche e geometriche**

Gli acciai per armature da precompressione devono possedere proprietà meccaniche, garantite dal produttore, non inferiori a quelle indicate nella successiva Tabella 11.2.VI:

Tabella 11.2.VI

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli e Trece	Trefoli e Trece a fili sagomati
Tensione caratteristica di rottura ..... $f_{ptk}$ N/mm <sup>2</sup>	≥1000	≥1600	≥1860	≥1820
Tensione caratteristica allo 0,1 % di deformazione residua ..... $f_{p(0,1)k}$ N/mm <sup>2</sup>	-----	≥1400	-----	-----
Tensione caratteristica all'1 % di deformazione totale ..... $f_{pt1k}$ N/mm <sup>2</sup>	-----	-----	≥1670	≥1620
Tensione caratteristiche di snervamento $f_{py}$ N/mm <sup>2</sup>	≥800	-----	-----	-----

Per il modulo di elasticità si farà riferimento al catalogo del fornitore.

Le grandezze qui di seguito elencate:  $\emptyset$ ,  $A$ ,  $f_{ptk}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(1)k}$ ,  $A_{gt}$ ,  $E_p$ ,  $l$ ,  $N$ ,  $\alpha$  ( $180^\circ$ ),  $L$  e  $r$  devono formare oggetto di garanzia da parte del produttore ed i corrispondenti valori garantiti figurare nel catalogo del produttore stesso.

Il controllo delle grandezze di cui sopra è eseguito secondo le modalità e le prescrizioni indicate nei punti successivi.

Pertanto i valori delle grandezze:

- $\emptyset$ ,  $A$  sono confrontati con quelli che derivano dall'applicazione ai valori nominali, delle tolleranze prescritte al punto 11.2.3.5.3.1;
- $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(1)k}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $A_{gt}$  ottenuti applicando ai valori singoli  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$  le formule di cui al punto 11.2.3.5.2.1 sono confrontati con i corrispondenti valori garantiti che figurano nel catalogo del produttore e con quelli della Tabella 11.2.VII;
- $l$ ,  $N$ ,  $\alpha$  ( $180^\circ$ ) sono confrontati con quelli prescritti rispettivamente ai punti 11.2.3.5.3.3, 11.2.3.5.3.8, 11.2.3.5.3.9;
- $E_p$ ,  $L$  e  $r$ , di cui ai punti 11.2.3.5.3.10 e 11.2.3.5.3.11. sono confrontati con i valori che figurano nel catalogo del produttore.

Si prende inoltre in considerazione la forma del diagramma sforzi deformazioni.

Il produttore deve controllare la composizione chimica e la struttura metallografica al fine di garantire le proprietà meccaniche prescritte.

### 11.2.3.3 Controlli

Le presenti norme prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- controlli in stabilimento;
- controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi;



- accettazione in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione.

I controlli eseguiti negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi si riferiscono a forniture.

L'accettazione eseguita in cantiere si riferisce a lotti di spedizione.

A tale riguardo si definiscono:

*Lotti di produzione:* si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito, della bobina di trefolo e del fascio di barre). Un lotto di produzione deve avere grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

*Forniture:* sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

*Lotti di spedizione:* sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

I controlli in cantiere possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da uno stabilimento di prefabbricazione o da un luogo di formazione dei cavi nel quale sono stati effettuati i controlli di cui al punto precedente.

In quest'ultimo caso la fornitura del materiale deve essere accompagnata da idonea documentazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra.

Resta comunque nella discrezionalità del direttore dei lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni.

I controlli sono effettuati secondo le modalità indicate al punto 11.2.3.5.

#### 11.2.3.4 Cadute di tensione per rilassamento

In assenza di dati sperimentali afferenti al lotto considerato, la caduta di tensione per rilassamento a tempo infinito  $D\sigma_{rel}$  ad una temperatura di 20 °C e per una tensione iniziale  $\sigma_{spi} = 0,75 f_{ptk}$  può assumersi pari ai valori riportati nella Tabella 11.2.VII.

Tabella 11.2.VII

Tipo di armatura	$D\sigma_{rel}$
Filo trafilato	0,15 $\sigma_{spi}$
Treccia	0,20 $\sigma_{spi}$
Trefolo	0,18 $\sigma_{spi}$
Barra laminata	0,12 $\sigma_{spi}$

Si ammette che, al variare della tensione iniziale, la caduta per rilassamento vari con legge parabolica e che il relativo diagramma, tracciato in funzione di  $\sigma_{spi}$ , abbia ordinata nulla e tangente orizzontale per  $\sigma_{spi} = 0,5 f_{ptk}$ .

La caduta a tempo infinito può altresì valutarsi partendo dalla media delle cadute misurate su almeno due campioni sottoposti a prove di rilassamento a 120 ore, applicando l'espressione:

$$\Delta\sigma_{\infty} = 3\Delta\sigma_{r120} + 0.03(\sigma_{spi} - 0.5f_{ptk})$$

(valida per  $\sigma_{spi} \geq 0.5f_{ptk}$ )

Si opererà di regola con:

$$\sigma_{spi} = 0.75f_{ptk}$$

e, in mancanza di più precisi dati sperimentali, si ammetterà che la caduta vari in funzione di  $\sigma_{spi}$  con la suddetta legge parabolica. Partendo dai risultati di prova a 120 ore non possono comunque assumersi cadute inferiori alla metà di quelle indicate nel precedente capoverso. Per le barre si rispetterà comunque il limite  $\sigma_{spi} \leq 0.85f_{pyk}$ .

Qualora si disponga di prove a lunga durata, la caduta per rilassamento a tempo infinito è data dalla relazione:

$$\Delta\sigma_{\infty} = \Delta\sigma_t + C(\Delta\sigma_t - \Delta\sigma_{r1000})$$

dove  $\Delta\sigma_{r1000}$  e  $\Delta\sigma_t$  sono rispettivamente le cadute per rilassamento di catalogo per 1000 ore e per tempo  $t \geq 2000$  ore;  $C$  è un coefficiente dato dalla Tabella 11.2.VIII.

**Tabella 11.2.VIII**

$t$ in ore	$C$
2.000	9
5.000	3
10.000	1.5

Per tenere conto dell'influenza del valore della tensione iniziale si può sia operare per  $\sigma_{spi} = 0.75f_{ptk}$  ed adottare la legge di variazione parabolica sopra indicata, sia operare sulle tre tensioni  $0.55f_{ptk}$ ,  $0.65f_{ptk}$ ,  $0.75f_{ptk}$  e dedurre una legge di variazione sperimentale.

Il rilassamento di armature che subiscono un ciclo termico dopo la messa in tensione è opportuno venga valutato sperimentalmente.

### 11.2.3.5 Procedure di controllo per acciai da cemento armato precompresso

#### 11.2.3.5.1 PRESCRIZIONI COMUNI - MODALITÀ DI PRELIEVO

I saggi destinati ai controlli:

- non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio incaricato delle prove ed in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.



### 11.2.3.5.2 CONTROLLI IN STABILIMENTO

#### 11.2.3.5.2.1 Controlli sistematici

##### PROVE DI QUALIFICAZIONE

Il laboratorio incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 50 saggi. 5 per lotto, da 10 lotti di produzione diversi. I 10 lotti di produzione presi in esame per le prove di qualificazione devono essere costituiti da prodotti della stessa forma ed avere la stessa resistenza nominale, ma non necessariamente lo stesso diametro e la stessa caratteristica di formazione. Gli acciai devono essere raggruppati in categorie nel catalogo del produttore ai fini della relativa qualificazione.

I 5 saggi di ogni singolo lotto vengono prelevati da differenti fasci, rotoli o bobine. Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, la bobina o il fascio di provenienza.

Sulla serie di 50 saggi vengono determinate le grandezze  $\emptyset$ ,  $f_{pt}$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(0,1)}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $l$ ,  $E_p$ ,  $A_{gt}$ ,  $N$  ovvero  $\alpha$  ( $180^\circ$ ) sotto il controllo di un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001. Le relative prove possono venire eseguite dai tecnici del laboratorio incaricato presso il laboratorio dello stabilimento di produzione purché venga rispettato quanto prescritto dalle norme in merito alla verifica della taratura delle attrezzature.

Le grandezze  $L$  e  $r$  sono determinate su saggi provenienti da 5 e 4 lotti rispettivamente, in numero di 3 saggi per ogni lotto.

##### PROVE DI VERIFICA DELLA QUALITÀ

Ai fini della verifica della qualità il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari su un campione costituito da 5 saggi provenienti da un lotto per ogni categoria di armatura. Il controllo verte su un minimo di sei lotti ogni trimestre da sottoporre a prelievo in non meno di tre sopralluoghi. Su tali saggi il laboratorio incaricato determina le grandezze  $\emptyset$ ,  $f_{pt}$ ,  $l$ ,  $f_{py}$ ,  $f_{p(12)}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,1)}$ ,  $E_p$ ,  $N$ ,  $A_{gt}$  ovvero  $\alpha$  ( $180^\circ$ ).

Per la grandezza  $r$  i controlli si effettuano una volta al trimestre e per la grandezza  $L$  i controlli si effettuano una volta al semestre, per entrambe su 3 saggi provenienti dallo stesso lotto per ogni categoria di armatura.

Per la determinazione dei valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  i corrispondenti risultati vanno introdotti nelle precedenti espressioni le quali vanno sempre riferite a 10 serie di 5 saggi corrispondenti alla stessa categoria di armatura, da aggiornarsi ad ogni prelievo aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo.

I valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  devono rispettare i valori minimi di cui alla Tabella 11.2.VII.

Se gli scarti quadratici medi risultano superiori al 3% del valore medio per  $f_{pt}$ , e al 4% per  $f_{py}$ ,  $f_{p(0,1)}$ ,  $f_{p(1)}$ , il controllo si intende sospeso e la procedura di qualificazione deve essere ripresa ab initio.

Ove i valori caratteristici  $f_{ptk}$ ,  $f_{pyk}$ ,  $f_{p(0,1)k}$ ,  $f_{p(1)k}$  riscontrati risultino inferiori ai valori minimi di cui alla Tabella 11.2.VII il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio tecnico centrale e ripeterà la qualificazione solo

dopo che il produttore ha avviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

#### 11.2.3.5.2.2 *Controlli su singoli lotti di produzione*

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici di cui al presente punto 11.2.1, i produttori possono richiedere di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, su singoli lotti di produzione (massima massa del lotto = 100 t) di quei prodotti che, per ragioni di produzione, non possono ancora rispettare le condizioni minime quantitative per qualificarsi. Le prove da effettuare sono quelle di cui al successivo punto 11.2.3.5.3.

### 11.2.3.5.3 DETERMINAZIONE DELLE PROPRIETÀ E TOLLERANZE

#### 11.2.3.5.3.1 *Diametro( $\varnothing$ ) e Area della sezione ( $A$ )*

L'area della sezione di fili lisci, con impronte, trecce e trefoli si valuta per pesata assumendo che la densità dell'acciaio sia pari a  $7,81 \text{ kg/dm}^3$  ( $7,85 \text{ kg/dm}^3$  per le barre).

La misura delle dimensioni trasversali nei fili con impronta non deve essere effettuata in corrispondenza delle impronte stesse.

Sui valori nominali delle sezioni dei fili, delle barre, delle trecce e dei trefoli è ammessa una tolleranza di  $\pm 2\%$  ( $-2\% \div 6\%$  per le barre).

Nei calcoli statici si adottano le sezioni nominali.

#### 11.2.3.5.3.2 *Tensione di rottura ( $f_{pt}$ )*

La determinazione si effettua per mezzo della prova a trazione su barre secondo EN 10002/1<sup>a</sup>, su fili trecce e trefoli secondo UNI EN ISO 15630-3.

#### 11.2.3.5.3.3 *Allungamento sotto carico massimo $A_{gt}$*

Per barre, fili e trefoli la determinazione viene eseguita secondo la norma UNI EN ISO 15630-3.

#### 11.2.3.5.3.4 *Limite elastico allo 0,1% ( $f_{p(0,1)}$ )*

Il valore del limite convenzionale  $f_{p(0,1)}$  si ricava dal corrispondente diagramma sforzi - deformazioni, ottenuto con prove a trazione eseguite secondo UNI EN 15630-3.

I singoli valori unitari devono essere riferiti alle corrispondenti sezioni nominali.

Il valore del limite 0,1% deve risultare compreso tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_{pt}$ .

#### 11.2.3.5.3.5 *Tensione di snervamento ( $f_{py}$ )*

Il valore della tensione di snervamento  $f_{py}$  si ricava dal corrispondente diagramma sforzi - deformazioni ottenuto con la prova a trazione eseguita secondo UNI EN ISO 15630-3. Esso deve risultare compreso tra lo 85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_{pt}$ .

#### 11.2.3.5.3.6 *Modulo di elasticità*

Il modulo apparente di elasticità è inteso come rapporto fra la tensione media e l'allungamento corrispondente, valutato per l'intervallo di tensione  $(0,2-0,7)f_{pt}$  conformemente alla UNI EN ISO 15630-3.

Sono tollerati scarti del  $\pm 5\%$  rispetto al valore garantito.



#### 11.2.3.5.3.7 Tensione all'1 % ( $f_{p(1)}$ )

La tensione corrispondente all'1 % di deformazione totale deve risultare compresa tra l'85% ed il 95% del corrispondente valore della tensione di rottura  $f_m$ .

#### 11.2.3.5.3.8 Prova di piegamento alternato (N)

La prova di piegamento alternato si esegue su fili aventi  $\varnothing \leq 8$  mm secondo la UNI EN ISO 15630-3 con rulli di diametro pari a  $4 \varnothing$ .

Il numero dei piegamenti alterni a rottura non deve risultare inferiore a 4 per i fili lisci e a 3 per i fili ondulati o con impronte.

#### 11.2.3.5.3.9 Prova di piegamento ( $\alpha$ )

La prova di piegamento si esegue su fili aventi  $\varnothing \geq 8$  mm e su barre secondo la UNI EN ISO 15630-3.

L'angolo di piegamento deve essere di  $180^\circ$  e il diametro del mandrino deve essere pari a:

5  $\varnothing$  per i fili;

6  $\varnothing$  per le barre con  $\varnothing \leq 26$  mm

8  $\varnothing$  per le barre con  $\varnothing > 26$  mm.

#### 11.2.3.5.3.10 Resistenza a fatica (L)

La prova viene condotta secondo la UNI EN ISO 15630-3 con sollecitazione assiale a ciclo pulsante, facendo oscillare la tensione fra una tensione superiore  $\sigma_1$ , e una tensione inferiore  $\sigma_2$ . Il risultato della prova è ritenuto soddisfacente se la provetta sopporta, senza rompersi, almeno due milioni di cicli. La frequenza di prova deve essere non superiore a 120 Hz per i fili e le barre e 20 Hz per i trefoli come previsto dalla UNI EN ISO 15630-3.

Come alternativa a tale procedimento è possibile determinare sperimentalmente l'ampiezza limite di fatica L a  $2 \cdot 10^6$  cicli, in funzione della tensione media  $\sigma_m$ .

#### 11.2.3.5.3.11 Rilassamento a temperatura ordinaria (r)

##### CONDIZIONI DI PROVA

Si determina il diagramma della caduta di tensione a lunghezza costante ed a temperatura  $T = 20 \pm 1$  °C a partire dalla tensione iniziale e per la durata stabilita.

##### CARATTERISTICHE DELLA PROVETTA

La provetta deve essere sollecitata per un tratto non inferiore a 100 cm; in conseguenza la lunghezza del saggio deve essere almeno 125 cm per tener conto degli organi di afferraggio. Nella zona sollecitata la provetta non deve subire alcuna lavorazione né pulitura.

##### CARICO INIZIALE

La tensione iniziale deve essere applicata con velocità pari a  $200 \pm 50$  N/mm<sup>2</sup> al minuto e mantenuta per 2 minuti  $\pm 2$  secondi prima dell'inizio della misura.

Quando le necessità operative lo richiedano, è ammessa una pre-tensione inferiore al 40% della tensione iniziale ed al 30% di quella di rottura (determinata su una provetta contigua).

Il carico iniziale deve avere precisione  $\pm 1\%$  quando inferiore a 100 tonnellate;  $\pm 2\%$  quando superiore.

#### PRECISIONE DELLA MISURA

La caduta di sforzo (rilassamento) va misurata con precisione  $\pm 1\%$ : pertanto il principio di funzionamento dell'apparato, la sensibilità dei singoli strumenti rilevatori, la posizione di questi, ecc. devono essere tali da garantire detta precisione.

#### 11.2.3.5.4 CONTROLLI NEGLI STABILIMENTI PERMANENTI DI PREFABBRICAZIONE O NEL LUOGO DI FORMAZIONE DEI CAVI

I controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione o nel luogo di formazione dei cavi sono obbligatori.

A tale riguardo le responsabilità attribuite dalla legge al direttore dei lavori sono assunte dal responsabile della produzione in stabilimento o dal tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi.

I controlli vengono eseguiti secondo le modalità di seguito indicate.

Effettuato un prelievo di 3 saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, ed appartenenti ad una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, i corrispondenti valori minimi di  $f_{pt}$ ,  $f_{pv}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0.2)}$ .

I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore

Nel caso che anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche come di seguito indicato.

Il campione da sottoporre a prove supplementari è costituito da almeno 10 saggi prelevati da altrettanti rotoli, bobine o fasci. Se il numero dei rotoli, bobine o fasci costituenti il lotto è inferiore a 10, da alcuni rotoli o bobine verranno prelevati due saggi, uno da ciascuna estremità. Per le barre vengono prelevati due saggi da due barre diverse dello stesso fascio.

Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, bobina o fascio di provenienza.

Effettuato il prelievo supplementare si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, i corrispondenti valori medi  $g_{mn}$  di  $f_{pt}$ ,  $f_{pv}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0.2)}$ .

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se:

- per le tensioni di rottura  $f_{pt}$ :

$$g_{mn} \geq 1,03 f_{ptk}$$

$$s_n \leq 0,05 f_{ptk}$$



- per le grandezze  $f_{py}$ ,  $f_{p(1)}$ ,  $f_{p(0,2)}$ :

$$g_{mn} \geq 1,04 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,2)k})$$

$$s_n \leq 0,07 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,2)k})$$

i valori del modulo di elasticità longitudinale  $E_p$  sono conformi al valore garantito dal produttore, con una tolleranza del  $\pm 5\%$

Se tali disuguaglianze non sono verificate, o se non sono rispettate le prescrizioni di cui al punto 11.2.3.5.3 si ripeteranno, previo avviso al produttore, le prove su altri 10 saggi.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

In tal caso il responsabile della produzione in stabilimento o il tecnico responsabile dell'officina di formazione dei cavi (direttore dei lavori) deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato del controllo in stabilimento che al Servizio tecnico centrale.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;
- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i risultati delle prove eseguite.

#### 11.2.3.5.5 ACCETTAZIONE IN CANTIERE

Qualora non siano state precedentemente eseguite le prove di cui al precedente punto 11.2.3.5.4, i controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le indicazioni di cui al medesimo punto precedente, con l'avvertenza che il prelievo preli-

minare dei 3 saggi va effettuato per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Nel caso in cui siano state eseguite le prove di cui al precedente punto 11.2.3.5.4, il direttore dei lavori può valutare la necessità di ulteriori controlli.

In entrambi i casi per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al precedente punto 11.2.3.5.4.

## 11.2.4. ACCIAI PER STRUTTURE METALLICHE

### 11.2.4.1 Generalità

Le presenti norme prevedono l'impiego degli acciai indicati nei successivi punti, dei quali vengono precisate le caratteristiche.

Possono essere impiegati prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali della Direttiva 89/106/CEE. Tale equivalenza sarà accertata dal Ministero delle Infrastrutture, Servizio Tecnico Centrale.

È consentito l'impiego di tipi di acciaio diversi da quelli sopra indicati purché venga garantita alla costruzione, con adeguata documentazione teorica e sperimentale, una sicurezza non minore di quella prevista dalle presenti norme.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova sono rispondenti alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI 552, UNI EN 10002/1°, UNI EN 10045/1.

Le tolleranze di fabbricazione devono rispettare i limiti previsti dalla EN 1090.

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

modulo elastico	$E = 210.000$	$N/mm^2$
modulo di elasticità trasversale	$G = E/2(1+\nu)$	$N/mm^2$
coefficiente di Poisson	$\nu = 0,3$	
coefficiente di espansione termica lineare (per temperature fino a 100 °C)	$\alpha = 12 \times 10^{-6}$	per °C
densità	$\rho = 7850$	kg/m

### 11.2.4.2 Acciaio laminato

#### 11.2.4.2.1 PRODOTTI PIANI E LUNGHI

Gli acciai di uso generale laminati a caldo, in profilati, barre, larghi piatti e lamiere devono appartenere a uno dei tipi previsti nella norma EN 10025-1=6 e devono essere in possesso di attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale secondo



le procedure di cui al punto 11.2.4.8.

Il produttore dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 dell'appendice ZA della norma europea EN 10025-1. Tali caratteristiche devono rispettare i limiti previsti nelle medesime specifiche tecniche.

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al DPR n.246/93.

#### 11.2.4.2.2 PROFILATI CAVI

Gli acciai di uso generale in forma di profilati cavi (anche tubi saldati provenienti da nastro laminato a caldo), devono appartenere a uno dei tipi aventi le caratteristiche meccaniche riportate nelle specifiche norme europee elencate nella successiva Tabella 11.2.IX nelle classi di duttilità JR, J0, J2 e K2.

Il produttore dichiara le caratteristiche tecniche che devono essere contenute nelle informazioni che accompagnano l'attestato di qualificazione ovvero, quando previsto, la marcatura CE di cui al DPR n. 246/93.

Le caratteristiche tecniche per i profilati cavi devono essere in accordo con quanto previsto dalle tabelle delle norme di riferimento: EN 10210-1 e EN 10219-1, e riassunte come riportato nella tabella seguente:

**Tabella 11.2.IX - Caratteristiche tecniche per i profilati cavi**

ACCIAIO	NORMA EUROPEA	TABELLE DI RIFERIMENTO
Profilati cavi finiti a caldo	EN 10210-1	Non legati: A1, A.2, A.3 A grano fine: B1, B.2 - B.3
Profilati cavi saldati formati a freddo	EN 10219-1	A1, A2, A3 Materiale di partenza allo stato: Normalizzato: B1, B3, B4 Termomeccanico: B2, B3, B5

Le prove ed i metodi di misura sono quelli previsti dalle norme suddette.

#### 11.2.4.2.3 CONTROLLI SUI PRODOTTI LAMINATI

I controlli sui laminati verranno eseguiti secondo le prescrizioni di cui al punto 11.2.4.8.

#### 11.2.4.2.4 FORNITURA DEI PRODOTTI LAMINATI

Per la documentazione di accompagnamento delle forniture vale quanto indicato al punto 11.2.1.3.

#### 11.2.4.3 Acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare getti di acciaio Fe G 400, Fe G 450, Fe G 520 UNI 3158 ed UNI 3158 FA 152-85 o equivalenti.

Quando tali acciai debbano essere saldati, devono sottostare alle stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza similare.

#### 11.2.4.4 Acciaio per strutture saldate

##### 11.2.4.4.1 COMPOSIZIONE CHIMICA DEGLI ACCIAI

Gli acciai da saldare, oltre a soddisfare le condizioni indicate al punto 11.2.3.1, devono avere composizione chimica contenuta entro i limiti previsti dalle norme europee applicabili.

##### 11.2.4.4.2 FRAGILITÀ ALLE BASSE TEMPERATURE

La temperatura minima alla quale l'acciaio di una struttura saldata può essere utilizzato senza pericolo di rottura fragile, in assenza di dati più precisi, deve essere stimata sulla base della temperatura  $T$  alla quale per detto acciaio può essere garantita una resilienza  $KV$ , secondo le norme europee applicabili.

La temperatura  $T$  deve risultare minore o uguale a quella minima di servizio per elementi importanti di strutture saldate soggetti a trazione con tensione prossima a quella limite aventi spessori maggiori di 25 mm e forme tali da produrre sensibili concentrazioni locali di sforzi, saldature di testa o d'angolo non soggette a controllo, od accentuate deformazioni plastiche di formatura. A parità di altre condizioni, via via che diminuisce lo spessore, la temperatura  $T$  può innalzarsi a giudizio del progettista fino ad una temperatura di circa 30 °C maggiore di quella minima di servizio per spessori dell'ordine di 10 millimetri.

Un aumento può aver luogo anche per spessori fino a 25 mm via via che l'importanza dell'elemento strutturale decresce o che le altre condizioni si attenuano.

Il progettista, stimata la temperatura  $T$  alla quale la resistenza di 27 J deve essere assicurata, sceglierà nella unificazione e nei cataloghi dei produttori l'acciaio soddisfacente questa condizione.

##### 11.2.4.5 Saldature

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo EN 287-1 da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo non potranno essere qualificati mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo EN 1418. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo EN 2883.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere seguite le prescrizioni della EN 1011 punti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la EN 29692.

Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista.



L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti dal progettista ed eseguiti sotto la responsabilità del direttore dei lavori, che potrà integrarli ed estenderli in funzione dell'andamento dei lavori, ed accettati ed eventualmente integrati dal collaudatore.

Ai fini dei controlli non distruttivi si possono usare metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), ovvero metodi volumetrici (es. raggi X o gamma o ultrasuoni).

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare riferimento alle prescrizioni della EN 12062.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo EN 473 almeno di secondo livello.

#### 11.2.4.6 Bulloni e Chiodi

##### 11.2.4.6.1 BULLONI

I bulloni - conformi per le caratteristiche dimensionali alle UNI EN ISO 4016 ed alle UNI 5592 devono appartenere alle sotto indicate classi delle UNI EN 20898, associate nel modo indicato nella Tabella 11.2.X.

Tabella 11.2.X

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

##### 11.2.4.6.2 BULLONI PER GIUNZIONI AD ATTRITO

I bulloni per giunzioni ad attrito devono essere conformi alle prescrizioni della Tabella 11.2.XI Viti e dadi, devono essere associati come indicato nella Tabella 11.2.X.

Viti, dadi, rosette e/o piastrine devono provenire da un unico produttore.

Tabella 11.2.XI

Elemento	Materiale	Riferimento
Viti	8.8 - 10.9 secondo UNI EN 20898-1	UNI 5712
Dadi	8 - 10 secondo UNI EN 20898-2	UNI 5713
Rosette	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32+ 40	UNI 5714
Piastrine	Acciaio C 50 UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32+ 40	UNI 5715 UNI 5716

##### 11.2.4.6.3 CHIODI

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla UNI EN 10263-1 a 5.

#### 11.2.4.7 Acciai inossidabili

Nell'ambito delle indicazioni generali di cui al secondo comma del punto 11.2.4.1. (Generalità), è consentito l'impiego di acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

In particolare per i prodotti laminati la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione (punto 11.2.1) ed al controllo (punto 11.2.4.8).

#### 11.2.4.8 Procedure di controllo su acciai da carpenteria

##### 11.2.4.8.1 GENERALITÀ

I prodotti assoggettabili al procedimento di qualificazione sono, suddivisi per gamma merceologica, i seguenti:

- laminati mercantili, travi ad ali parallele del tipo IPE e HE, travi a I e profilati a U;
- lamiere e nastri, travi saldate e profilati aperti saldati;
- profilati cavi circolari, quadrati o rettangolari senza saldature o saldati.

##### 11.2.4.8.1.1 Elementi di lamiera grecata e profilati formati a freddo

Gli elementi di lamiera grecata ed i profilati formati a freddo, ivi compresi i profilati cavi saldati non sottoposti a successive deformazioni o trattamenti termici, devono essere realizzati utilizzando lamiere o nastri di origine qualificati secondo le procedure indicate ai successivi punti.

I produttori possono, in questo caso, derogare dagli adempimenti previsti al punto 11.2.1. delle norme tecniche, relativamente ai controlli sui loro prodotti (sia quelli interni che quelli da parte del laboratorio incaricato) ma devono fare riferimento alla documentazione di accompagnamento dei materiali di base, qualificati all'origine, da essi utilizzati.

Il produttore di lamiere grecate deve dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni delle caratteristiche meccaniche dei prodotti e che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I produttori sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la fabbricazione dei prodotti, realizzati con materiale base qualificato.

I prodotti finiti devono essere marcati, secondo le modalità previste dal punto 11.2.1. delle norme tecniche ed il marchio deve essere depositato presso il Servizio Tecnico Centrale.

La dichiarazione sopracitata ed il deposito del marchio, devono essere confermati annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni.



Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere devono indicare gli estremi della certificazione di controllo di produzione in fabbrica, ed inoltre ogni fornitura in cantiere deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.2.4.8.2 CONTROLLI IN STABILIMENTO**

##### **11.2.4.8.2.1 *Suddivisione dei prodotti***

Sono prodotti qualificabili sia quelli raggruppabili per colata che quelli per lotti di produzione.

Ai fini delle prove di qualificazione e di controllo (vedere punto 11.2.4.8.2.2), i prodotti nell'ambito di ciascuna gamma merceologica di cui al punto 11.2.4.8.1, sono raggruppabili per gamme di spessori così come definito nelle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1.

Sempre agli stessi fini, sono raggruppabili anche i diversi gradi di acciai (JR, J0, J2, K2), sempre che siano garantite per tutti le caratteristiche del grado superiore del raggruppamento.

Un lotto di produzione è costituito da un quantitativo di 40 t, o frazione residua, per ogni profilo, qualità e gamma di spessore, senza alcun riferimento alle colate che sono state utilizzate per la loro produzione. Per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione corrisponde all'unità di collaudo come definita dalle norme UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 in base al numero dei pezzi.

##### **11.2.4.8.2.2 *Prove di qualificazione***

Ai fini della qualificazione il produttore deve produrre una idonea documentazione sulle caratteristiche chimiche ove pertinenti e meccaniche riscontrate per quelle qualità e per quei prodotti che intende qualificare.

La documentazione deve essere riferita ad una produzione consecutiva relativa ad un periodo di tempo di al meno sei mesi e ad un quantitativo di prodotti tale da fornire un quadro statisticamente significativo della produzione stessa e comunque  $\geq 2.000$  t oppure ad un numero di colate o di lotti  $\geq 25$ .

Tale documentazione di prova deve basarsi sui dati sperimentali rilevati dal produttore, integrati dai risultati delle prove di qualificazione effettuate a cura di un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, incaricato dal produttore stesso.

Le prove di qualificazione devono riferirsi a ciascun tipo di prodotto, inteso individuato da gamma merceologica, classe di spessore e qualità di acciaio, ed essere relative al rilievo dei valori caratteristici; per ciascun tipo verranno eseguite almeno 30 prove su saggi appositamente prelevati.

La documentazione del complesso delle prove meccaniche deve essere elaborata in forma statistica calcolando, per lo snervamento e la resistenza a rottura, il valore medio, lo scarto quadratico medio e il relativo valore caratteristico delle corrispondenti distribuzioni di frequenza.

#### **11.2.4.8.2.3 Controllo continuo della qualità della produzione**

Il servizio di controllo interno della qualità dello stabilimento produttore deve predisporre un'accurata procedura atta a mantenere sotto controllo con continuità tutto il ciclo produttivo.

In particolare, per quanto riguarda i prodotti finiti, deve procedere ad una rilevazione di tutte le caratteristiche chimiche ove applicabili e meccaniche previste al punto 11.2.3. delle norme tecniche.

La rilevazione dei dati di cui sopra deve essere ordinata cronologicamente su appositi registri distinti per qualità, per prodotto lo gruppi di prodotti come sopra indicato) e per gamme di spessori, come specificato nella norma di prodotto.

Per ogni colata, o per ogni lotto di produzione, contraddistinti dal proprio numero di riferimento, viene prelevato dal prodotto finito un saggio per colata e comunque un saggio ogni 80 t oppure un saggio per lotto e comunque un saggio ogni 40 t o frazione: per quanto riguarda i profilati cavi, il lotto di produzione è definito dalle relative norme UNI di prodotto, in base al numero dei pezzi.

Dai saggi di cui sopra verranno ricavati i provini per la determinazione delle caratteristiche chimiche e meccaniche previste dalle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 rilevando il quantitativo in tonnellate di prodotto finito cui la prova si riferisce.

Per quanto concerne  $f_y$  e  $f_t$  i dati singoli raccolti, suddivisi per qualità e prodotti (secondo le gamme dimensionali) vengono riportati su idonei diagrammi per consentire di valutare statisticamente nel tempo i risultati della produzione rispetto alle prescrizioni delle presenti norme tecniche.

I restanti dati relativi alle caratteristiche chimiche, di resilienza e di allungamento vengono raccolti in tabelle e conservati, dopo averne verificato la rispondenza alle norme EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per quanto concerne le caratteristiche chimiche e, per quanto concerne resilienza e allungamento, alle prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui alle norme europee EN 10210 ed EN 10219 per i profilati cavi.

È cura e responsabilità del produttore individuare, a livello di colata o di lotto di produzione, gli eventuali risultati anomali che portano fuori limiti la produzione e di provvedere ad ovviarne le cause. I diagrammi sopra indicati devono riportare gli eventuali dati anomali.

I prodotti non conformi devono essere devianti ad altri impieghi, previa punzonatura di annullamento, e tenendone esplicita nota nei registri.

La documentazione raccolta presso il controllo interno di qualità dello stabilimento produttore deve essere conservata a cura del produttore.

#### **11.2.4.8.2.4 Verifica periodica della qualità**

Il laboratorio incaricato effettua periodicamente a sua discrezione e senza preavviso, almeno ogni sei mesi, una visita presso lo stabilimento produttore nel corso della quale su tre tipi di prodotto, scelti di volta in volta tra qualità di acciaio, gamma merceologica e classe di spessore, effettuerà per ciascun tipo non meno di 30 prove a trazione su provette ricavate sia da saggi prelevati direttamente dai prodotti sia da saggi appositamente



accantonati dal produttore in numero di almeno 2 per colata o lotto di produzione, relativa alla produzione intercorsa dalla visita precedente.

Inoltre il laboratorio incaricato effettua le altre prove previste (resilienza e analisi chimiche) sperimentando su provini ricavati da 3 campioni per ciascun tipo sopraddetto.

Infine si controlla che siano rispettati i valori minimi prescritti per la resilienza e quelli massimi per le analisi chimiche.

Nel caso che i risultati delle prove siano tali per cui viene accertato che i limiti prescritti non siano rispettati, vengono prelevati altri saggi (nello stesso numero) e ripetute le prove.

Ove i risultati delle prove, dopo ripetizione, fossero ancora insoddisfacenti, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio Tecnico Centrale e ripete la qualificazione dopo che il produttore ha ovviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Per quanto concerne le prove di verifica periodica della qualità per gli acciai di cui al punto 11.2.4.8.1., quarto capoverso del presente decreto, con snervamento o resistenza inferiori al tipo S235, si utilizza un coefficiente di variazione pari a 9%.

Per gli stessi acciai con caratteristiche comprese tra i tipi S235 ed S355, si utilizza un coefficiente di variazione pari all'8%.

Per gli stessi acciai con snervamento o rottura superiore al tipo S355 si utilizza un coefficiente di variazione pari al 6%.

Per tali acciai la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua nell'ultimo semestre ed anche nei casi in cui i quantitativi minimi previsti non siano rispettati, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

#### **11.2.4.8.2.5 Controlli su singole colate**

Negli stabilimenti soggetti a controlli sistematici di cui al precedente punto 11.2.4.8.2.3, i produttori possono richiedere di loro iniziativa di sottoporsi a controlli, eseguiti a cura di un Laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, su singole colate di quei prodotti che, per ragioni produttive, non possono ancora rispettare le condizioni quantitative minime (vedere punto 11.2.4.8.2.2) per qualificarsi.

Le prove da effettuare sono quelle relative alle UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 ed i valori da rispettare sono quelli di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui alle norme europee EN 10210 ed EN 10219 per i profilati cavi

#### **11.2.4.8.2.6 Officine di trasformazione**

Si definisce officina di trasformazione un impianto che riceve dal produttore di acciaio elementi base e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in acciaio.

L'officina di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista al punto 11.2.1.3.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nell'officina di trasformazione, vengono utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori

differenti, attraverso specifiche procedure documentate nel controllo di produzione in fabbrica.

Il trasformatore deve dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo di lavorazione e deve assicurarsi che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla consegna.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di elementi strutturali devono comprendere l'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale degli elementi base e il certificato del sistema di gestione della qualità.

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore intermedio devono essere dotati di una specifica marcatura che identifichi in modo inequivocabile l'officina di trasformazione stessa, in aggiunta alla marcatura del prodotto di origine.

Le officine di trasformazione sono identificate, ai sensi del presente decreto, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare i controlli obbligatori previsti in cantiere, secondo le indicazioni contenute al punto 11.2.4.8.3.

A tal fine è fatto obbligo a tali officine di nominare un Direttore Tecnico dello stabilimento che assume le responsabilità affidate, per norma, al direttore dei lavori.

L'esecuzione delle prove presso l'officina di trasformazione non esclude che il direttore dei lavori dell'opera, nell'ambito della propria discrezionalità, possa effettuare in cantiere tutti gli eventuali ulteriori controlli che ritenga opportuni.

Le officine di trasformazione sono tenute a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando la loro organizzazione, i procedimenti di saldatura e di sagomatura impiegati, i materiali utilizzati, nonché le modalità di marcatura per l'identificazione dell'officina nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.

Nella dichiarazione deve, inoltre, essere indicato l'impegno ad utilizzare esclusivamente elementi di base qualificati all'origine.

Alla dichiarazione deve essere allegata la nota di incarico al Direttore Tecnico dell'officina, controfirmata dallo stesso per accettazione ed assunzione delle responsabilità, ai sensi del presente decreto, sui controlli sui materiali.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione di cui sopra.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni.

Ogni fornitura in cantiere di elementi strutturali deve essere accompagnata, in aggiunta alla documentazione di cui al punto 11.2.1.3., da copia dei certificati delle prove fatte eseguire dal direttore dello stabilimento e della sopra citata dichiarazione.



Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.2.4.8.2.7 Centri di prelaborazione di componenti strutturali**

Si definiscono centri di prelaborazione o di servizio, quegli impianti che, ricevendo dai produttori di acciaio elementi base (prodotti lunghi e/o piani) realizzano elementi singoli prelaborati che vengono successivamente utilizzati dalle officine di trasformazione per la realizzazione di strutture complesse nell'ambito delle costruzioni.

Il centro di prelaborazione deve dotarsi di un sistema di garanzia della qualità delle lavorazioni allo scopo di assicurare che le lavorazioni effettuate non comportino alterazioni delle caratteristiche meccaniche del materiale e che il prodotto finito abbia i requisiti previsti dalle presenti norme.

È fatto obbligo a tali centri di nominare un responsabile tecnico che dovrà certificare che tutte le prelaborazioni siano state eseguite in conformità alle specifiche richieste. Tale documentazione sarà trasmessa insieme con la specifica fornitura e farà parte della documentazione finale relativa alle trasformazioni successive.

#### **11.2.4.8.3 CONTROLLI IN CANTIERE**

I controlli in cantiere sono obbligatori.

Devono essere effettuate per ogni fornitura minimo 3 prove, di cui almeno una sullo spessore massimo ed una sullo spessore minimo.

I dati sperimentali ottenuti devono soddisfare le prescrizioni di cui alle tabelle delle corrispondenti norme europee della serie EN 10025 ovvero delle tabelle di cui al punto 11.2.4.2.2 per i profilati cavi per quanto concerne l'allungamento e la resilienza, nonché delle norme UNI EN 10025, UNI EN 10210-1 e UNI EN 10219-1 per le caratteristiche chimiche.

Ogni singolo valore della tensione di snervamento e di rottura non deve risultare inferiore ai limiti tabellari.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore dei lavori o di tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

La domanda di prove al laboratorio di cui all'art.59 del DPRn.380/2001 deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere precise indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo. In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

I certificati emessi dai laboratori devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- una identificazione univoca del certificato (numero di serie e data di emissione) e di ciascuna sua pagina, oltre al numero totale di pagine;
- l'identificazione del committente dei lavori in esecuzione e del cantiere di riferimento;
- il nominativo del direttore dei lavori che richiede la prova;

- la descrizione e l'identificazione dei campioni da provare;
- la data di ricevimento dei campioni e la data di esecuzione delle prove;
- l'identificazione delle specifiche di prova o la descrizione del metodo o procedura adottata, con l'indicazione delle norme di riferimento per l'esecuzione della stessa;
- le dimensioni effettivamente misurate dei campioni;
- i risultati delle prove eseguite.

I certificati devono, inoltre, riportare l'indicazione del marchio identificativo rilevato. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio tecnico centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi del presente decreto e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Deve inoltre essere controllato che le tolleranze di fabbricazione rispettino i limiti indicati nella EN 1090 e che quelle di montaggio siano entro i limiti indicati dal progettista. In mancanza deve essere verificata la sicurezza con riferimento alla nuova geometria.

#### 11.2.4.8.4 BULLONI E CHIODI

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica devono dotarsi di un sistema di gestione della qualità del processo produttivo per assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

I documenti che accompagnano ogni fornitura in cantiere di bulloni o chiodi da carpenteria devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità.

I produttori di bulloni e chiodi per carpenteria metallica sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, con specifico riferimento al processo produttivo ed al controllo di produzione in fabbrica, fornendo copia della certificazione del sistema di gestione della qualità.

La dichiarazione sopra citata deve essere confermata annualmente al Servizio Tecnico Centrale, con allegata una dichiarazione attestante che nulla è variato, nel prodotto e nel processo produttivo, rispetto al precedente deposito, ovvero siano descritte le avvenute variazioni.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta l'avvenuta presentazione della dichiarazione.

Ogni fornitura in cantiere o nell'officina di formazione delle carpenterie metalliche, di bulloni o chiodi deve essere accompagnata da copia della dichiarazione sopra citata e della relativa attestazione da parte del Servizio Tecnico Centrale.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.



### **11.3. MATERIALI DIVERSI DALL'ACCIAIO UTILIZZATI CON FUNZIONE DI ARMATURA IN STRUTTURE DI CEMENTO ARMATO**

L'impiego di materiali diversi dall'acciaio con funzione di armatura in strutture in cemento armato, con le indicazioni e limitazioni di cui al paragrafo 5.5 della presente norma, che non siano dotati di certificazione CE, è necessario che sia sottoposto al Servizio Tecnico Centrale un programma di prove di certificazione ed idoneità sulla base del quale il Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP., possa rilasciare un benestare tecnico.

### **11.4. SISTEMI DI PRECOMPRESSIONE A CAVI POST-TESI**

Le presenti norme si applicano a qualsiasi sistema a cavi post-tesi, usato per la pretesione di strutture in conglomerato cementizio.

#### **11.4.1. PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE**

I produttori di sistemi di precompressione devono essere in possesso di attestato di conformità ad un Benestare Tecnico Europeo rilasciato sulla base della Linea Guida ETAG013, nonché depositare presso il Servizio Tecnico Centrale la relativa documentazione.

La documentazione da depositare deve includere:

- a)* i disegni degli ancoraggi con la esatta indicazione delle dimensioni, dei materiali impiegati, delle tolleranze ammesse e di ogni altra caratteristica;
- b)* copia dell'attestato di conformità e del Benestare Tecnico Europeo
- c)* la resistenza caratteristica del calcestruzzo da utilizzare in corrispondenza degli ancoraggi;
- d)* le armature accoppiate agli ancoraggi con esatta specifica delle dimensioni, delle caratteristiche, ed una relazione tecnica giustificativa, illustrante anche le particolari modalità di posizionamento e fissaggio degli ancoraggi, sia per ciò che riguarda il loro accostamento, sia la loro distanza dai lembi della struttura.
- e)* le specifiche tecniche dei condotti da utilizzare, nonché le modalità di posizionamento e fissaggio.
- f)* le specifiche tecniche delle attrezzature e dei prodotti da utilizzare nelle operazioni di tensione, iniezione e sigillatura, nonché le procedure di esecuzione delle suddette operazioni.

Gli ancoraggi e tutte le loro parti devono essere dotati di un marchio indelebile che ne comprovi la provenienza e la conformità ai disegni depositati.

Il Servizio Tecnico Centrale attesta il deposito della documentazione.

Tale deposito è rinnovabile, su richiesta del produttore, ogni cinque anni.

Le modalità di esecuzione delle prove di accettazione sono riportate nella Linea Guida di Benestare tecnico Europeo ETAG013.

## 11.5. APPOGGI STRUTTURALI

Gli appoggi strutturali sono dispositivi di vincolo utilizzati nelle strutture, nei ponti e negli edifici, allo scopo di trasmettere puntualmente carichi e vincolare determinati gradi di libertà di spostamento.

I produttori di appoggi strutturali devono essere in possesso di attestato di conformità (marcatura CE) secondo il DPR n.246/93, art.7, comma 1 lettera A, alla relativa norma europea armonizzata della serie EN13337, e depositare presso il Servizio Tecnico Centrale la relativa documentazione.

Il fabbricante degli appoggi destinati ad essere impiegati nelle opere di ingegneria dichiara, in conformità alla norma della serie EN13337, le caratteristiche tecniche del prodotto, quali la capacità portante, la capacità di rotazione, il coefficiente di attrito e la durabilità.

All'atto della posa in opera degli appoggi il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia oggetto di attestato di conformità e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare nell'ambito delle proprie competenze, quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture prive dell'attestato di conformità; dovrà inoltre effettuare idonee prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali nonché la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche dei materiali componenti.

## 11.7. COMPONENTI PREFABBRICATI

### 11.7.1. GENERALITÀ

Gli elementi costruttivi prefabbricati devono essere prodotti attraverso un processo industrializzato che si avvale di idonei impianti, nonché di strutture e tecniche opportunamente organizzate.

In particolare, deve essere presente ed operante un sistema permanente di controllo della produzione in stabilimento, che deve assicurare il mantenimento di un adeguato livello di affidabilità nella produzione del conglomerato cementizio, nell'impiego dei singoli materiali costituenti e nella conformità del prodotto finito.

Gli elementi costruttivi di produzione occasionale devono essere comunque realizzati attraverso processi sottoposti ad un sistema di controllo della produzione, secondo quanto indicato nel presente paragrafo.



### **11.7.2. REQUISITI MINIMI DEGLI STABILIMENTI E DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE**

Il processo di produzione degli elementi costruttivi prefabbricati, oggetto delle presenti norme, deve essere caratterizzato almeno da:

- impianti in cui le materie costituenti siano conservate in sili, tramogge e contenitori che ne evitino ogni possibilità di confusione, dispersione o travaso;
- dosaggio a peso dei componenti solidi e dosaggio a volume, o a peso, dei soli componenti liquidi, mediante utilizzo di strumenti rispondenti alla normativa vigente;
- organizzazione mediante una sequenza completa di operazioni essenziali in termini di produzione e controllo;
- organizzazione di un sistema permanente di controllo documentato della produzione;
- rispetto delle norme di protezione dei lavoratori e dell'ambiente.

### **11.7.3. CONTROLLO DI PRODUZIONE**

Gli impianti per la produzione del calcestruzzo destinato alla realizzazione di elementi costruttivi prefabbricati, disciplinati dalle presenti norme, devono essere idonei ad una produzione continua, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Il produttore di elementi prefabbricati deve dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili.

#### **11.7.3.1 Controllo sui materiali per elementi di serie**

I controlli sui materiali dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni di legge vigenti.

Per il calcestruzzo impiegato con fini strutturali nei centri di produzione dei componenti prefabbricati di serie, il Direttore tecnico di Stabilimento dovrà effettuare il controllo continuo del conglomerato secondo le prescrizioni contenute nel paragrafo 11.1, operando con attrezzature tarate annualmente da uno dei laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001.

Il tecnico suddetto provvederà alla trascrizione giornaliera dei risultati su appositi registri di produzione con data certa, da conservare per dieci anni da parte del produttore. Detti registri devono essere disponibili per i competenti organi del Consiglio Superiore

dei lavori pubblici - Servizio Tecnico Centrale, per i direttori dei lavori e per tutti gli aventi causa nella costruzione.

Le prove di stabilimento dovranno essere eseguite a ventotto giorni di stagionatura e ai tempi significativi nelle varie fasi del ciclo tecnologico, secondo le modalità delle norme vigenti e su provini maturati in condizioni termoigrometriche di stagionatura conformi a quelle dei manufatti prefabbricati prodotti.

La resistenza caratteristica dovrà essere determinata secondo il metodo di controllo di tipo B di cui al punto 11.1.5, ed immediatamente registrate.

Inoltre dovranno eseguirsi controlli del calcestruzzo a ventotto giorni di stagionatura, presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, per non meno di un prelievo ogni cinque giorni di produzione effettiva per ogni tipo di calcestruzzo omogeneo; tali risultati dovranno soddisfare il controllo di tipo A di cui al punto 11.1.5, operando su tre prelievi consecutivi, indipendentemente dal quantitativo di calcestruzzo prodotto.

Sarà cura del Direttore Tecnico dello stabilimento di annotare sullo stesso registro i risultati delle prove di stabilimento e quelli del laboratorio esterno.

Infine, il tecnico abilitato dovrà predisporre periodicamente, almeno su base annua, una verifica della conformità statistica dei risultati dei controlli interni e di quelli effettuati da laboratorio esterno, tra loro e con le prescrizioni contenute nelle vigenti norme tecniche.

#### **11.7.3.2 Controllo di produzione di serie "controllata"**

Per le produzioni per le quali è prevista la serie controllata, è richiesto il rilascio preventivo del riconoscimento temporaneo della produzione in serie controllata da parte del Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei lavori pubblici.

Al termine del primo biennio di produzione si instaurerà la procedura ordinaria.

#### **11.7.3.3 Prove di tipo iniziali per elementi di serie controllata**

La produzione in serie controllata di componenti strutturali deve essere preceduta da verifiche sperimentali su prototipi eseguite da un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, appositamente incaricato dal produttore.

#### **11.7.3.4 Marcatura**

Ogni elemento prefabbricato prodotto in serie, deve essere appositamente contrassegnato da marcatura fissa, indelebile o comunque non rimovibile, in modo da garantire la rintracciabilità del produttore e dello stabilimento di produzione, nonché individuare la serie di origine dell'elemento.

Inoltre, per manufatti di peso superiore ad 80 KN, dovrà essere indicato in modo visibile, per lo meno fino all'eventuale getto di completamento, anche il peso dell'elemento.

#### **11.7.4. PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE**

La valutazione dell'idoneità del processo produttivo e del controllo di produzione in stabilimento, nonché della conformità del prodotto finito, è effettuata attraverso la procedura di qualificazione di seguito indicata.



I produttori di elementi prefabbricati di serie devono procedere alla qualificazione dello stabilimento e degli elementi costruttivi prodotti trasmettendo, ai sensi dell'art.9 della legge 5.11.1971 n.1806, idonea documentazione al Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La documentazione di cui sopra sarà resa nota dal Servizio Tecnico Centrale a mezzo di specifica Circolare.

Il Servizio Tecnico Centrale ha facoltà, anche attraverso sopralluoghi, di accertare la validità e la rispondenza della documentazione, come pure il rispetto delle prescrizioni contenute nella presente normativa.

Il Servizio Tecnico Centrale provvede ad aggiornare l'elenco della documentazione necessaria ad ottenere la qualificazione, in base ai progressi tecnici ed agli aggiornamenti normativi che dovessero successivamente intervenire.

#### **11.7.4.1 Qualificazione dello stabilimento**

Il riconoscimento dello stabilimento è il presupposto per ogni successivo riconoscimento di tipologie produttive.

La qualificazione del sistema organizzativo dello stabilimento e del processo produttivo deve essere dimostrata attraverso la presentazione di idonea documentazione, relativa alla struttura organizzativa della produzione ed al sistema di controllo in stabilimento.

Nel caso in cui gli elementi costruttivi siano prodotti in più stabilimenti, la qualificazione deve essere riferita a ciascun centro di produzione.

#### **11.7.4.2 Qualificazione della produzione in serie dichiarata**

Tutte le ditte che procedono in stabilimento alla costruzione di manufatti prefabbricati in serie dichiarata, prima dell'inizio di una nuova produzione devono presentare apposita domanda alla Presidenza del Consiglio Superiore dei lavori pubblici – Servizio Tecnico Centrale.

Tale domanda deve essere corredata da idonea documentazione, ai sensi dell'art. 58 del DPR n.380/2001 e di quanto indicato al punto 11.7.4.1.

Sulla base della documentazione tecnica presentata il STC rilascerà apposito attestato di qualificazione, avente validità triennale.

Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.

L'attestato è rinnovabile su richiesta, previa presentazione di idonei elaborati relativi all'attività svolta ed ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

#### **11.7.4.3 Qualificazione della produzione in serie controllata**

Oltre a quanto specificato per produzione in serie dichiarata, la documentazione necessaria per la qualificazione della produzione in serie controllata dovrà comprendere la documentazione relativa alle prove a rottura su prototipo ed una relazione interpretativa dei risultati delle prove stesse.

Sulla base della documentazione tecnica presentata il Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei lavori pubblici, rilascerà apposita autorizzazione alla produzione, avente validità triennale.

Tale attestato, necessario per la produzione degli elementi, sottintende anche la qualificazione del singolo stabilimento di produzione.

L'autorizzazione è rinnovabile su richiesta previa presentazione di idonei elaborati, relativi all'attività svolta ed ai controlli eseguiti nel triennio di validità.

#### 11.7.4.4 Sospensioni e revoche

È prevista la sospensione o, nei casi più gravi o di recidiva, la revoca degli attestati di qualificazione in serie dichiarata o controllata, ove il Servizio Tecnico Centrale accerti, in qualsiasi momento, difformità tra i documenti depositati e la produzione effettiva, ovvero la mancata ottemperanza alle prescrizioni contenute nella vigente normativa tecnica.

I provvedimenti di sospensione e di revoca vengono adottati dal Servizio Tecnico Centrale sentito il parere del Consiglio Superiore dei lavori pubblici e sono atti definitivi.

#### 11.7.5. DOCUMENTI DI ACCOMPAGNAMENTO

Ogni fornitura in cantiere di manufatti prefabbricati prodotti in serie dovrà essere accompagnata dalla seguente documentazione, da conservare a cura del Direttore dei lavori dell'opera in cui detti manufatti vengono inseriti:

- apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati, ai sensi dell'art.58 del DPR n.380/2001.

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, di regola:

- i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera;
  - apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
  - le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei lavori al committente, a conclusione dell'opera;
  - certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare l'indicazione degli estremi dell'attestato di qualificazione, nonché il nominativo del progettista;
  - attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale e copia della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo di produzione in fabbrica;
  - documentazione, fornita quando disponibile, attestante i risultati delle prove a com-



pressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (ovvero estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art.59 del DPR n.380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei lavori di cui all'art.65 del DPR n.380/2001;

Il Direttore dei lavori non può accettare in cantiere elementi prefabbricati in serie, che non siano accompagnati da tutti i documenti predetti.

Inoltre, prima di procedere all'accettazione dei manufatti stessi, il direttore dei lavori deve verificare che essi siano effettivamente contrassegnati, come prescritto dal punto 11.7.3.4

Il produttore di elementi prefabbricati deve altresì fornire al direttore dei lavori, e questi al committente, gli elaborati (disegni, particolari costruttivi, ecc.) firmati dal progettista e dal Direttore Tecnico della produzione, secondo le rispettive competenze, contenenti istruzioni per il corretto impiego dei singoli manufatti, esplicitando in particolare:

- a) destinazione del prodotto;
- b) requisiti fisici rilevanti in relazione alla destinazione;
- c) prestazioni statiche per manufatti di tipo strutturale;
- d) prescrizioni per le operazioni integrative o di manutenzione, necessarie per conferire o mantenere nel tempo le prestazioni e i requisiti dichiarati;
- e) tolleranze dimensionali nel caso di fornitura di componenti.

Nella documentazione di cui sopra il progettista deve indicare espressamente:

- le caratteristiche meccaniche delle sezioni, i valori delle coazioni impresse, i momenti di servizio, gli sforzi di taglio massimo, i valori dei carichi di esercizio e loro distribuzioni, il tipo di materiale protettivo contro la corrosione per gli apparecchi metallici di ancoraggio, dimensioni e caratteristiche dei cuscinetti di appoggio, indicazioni per il loro corretto impiego;
- se la sezione di un manufatto resistente deve essere completata in opera con getto integrativo, la resistenza richiesta;
- la possibilità di impiego in ambiente aggressivo e le eventuali variazioni di prestazioni che ne conseguono.

## 11.8. DISPOSITIVI ANTISISMICI

Per dispositivi antisismici si intendono gli elementi che contribuiscono a modificare la risposta sismica di una struttura, ad esempio incrementando il periodo fondamentale della struttura, modificando la forma dei modi di vibrare fondamentali, incrementando la dissipazione di energia, limitando la forza trasmessa alla struttura e/o introducendo vincoli permanenti o temporanei che migliorano la risposta sismica.

Tutti i dispositivi devono avere una vita di servizio maggiore di 10 anni. Devono essere previsti piani di manutenzione e di sostituzione allo scadere della vita di servizio, senza significativi effetti sull'uso delle strutture in cui sono installati.

La responsabilità del decadimento delle prestazioni nel tempo, che ne possono vanificare l'efficacia all'atto del sisma, è del Gestore dell'opera.

Devono conservare stabilità delle prestazioni nel tempo e non devono essere sensibili agli effetti termici, nell'arco di temperatura  $-20^{\circ}\text{C}$  -  $+60^{\circ}\text{C}$ .

Se l'effetto delle azioni variabili ne fanno modificare, con processo ciclico, i regimi tensionali, deve esserne verificato il decadimento delle caratteristiche meccaniche per effetto della fatica.

In generale, ai fini della presente norma, si considerano le seguenti tipologie di dispositivi:

*Dispositivi "Lineari" (LD):* dispositivi caratterizzati da un legame forza-spostamento praticamente lineare, fino ad un dato livello di spostamento, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità; nella fase di scarico non devono mostrare spostamenti residui significativi.

*Dispositivi "Non Lineari" (NLD):* dispositivi caratterizzati da un legame forza-spostamento non lineare, con comportamento stabile per il numero di cicli richiesti e sostanzialmente indipendente dalla velocità.

*Dispositivi "Viscosi" :* dispositivi in cui la forza dipende soltanto dalla velocità o da velocità e spostamento contemporaneamente; il loro funzionamento è basato sulle forze di reazione causate dal flusso di un fluido viscoso attraverso orifizi o sistemi di valvole.

*Isolatori Elastomerici:* sono dispositivi costituiti da strati alternati di materiale elastomerico (gomma naturale o materiali artificiali idonei) e di acciaio, quest'ultimo con funzione di confinamento dell'elastomero; questi dispositivi risultano fortemente deformabili per carichi paralleli alla giacitura degli strati (carichi orizzontali).

Se i dispositivi antisismici svolgono anche il ruolo di appoggi strutturali nelle situazioni non sismiche, questi devono soddisfare le prescrizioni riportate nella parte 11.5 della presente norma.

I dispositivi antisismici devono essere sottoposti a procedure di qualificazione, con verifica della conformità ai requisiti funzionali dichiarati. Tali procedure hanno lo scopo di dimostrare che il dispositivo sia in grado di mantenere la propria funzionalità nelle condizioni d'uso previste durante tutta la vita di progetto e devono includere almeno i punti seguenti:

- Dichiarazione della vita di servizio;
- Dichiarazione della conservazione delle prestazioni del dispositivo durante la vita di servizio;
- Dichiarazione delle caratteristiche meccaniche dei componenti del dispositivo;
- Descrizione del comportamento sotto azione sismica;
- Determinazione dei legami costitutivi del dispositivo mediante prove sperimentali;
- Un modello costitutivo che descriva il comportamento del dispositivo in differenti condizioni di uso, incluse tutte le combinazioni di azioni previste nella presente norma, che rappresenti correttamente i fenomeni fisici attesi nel funzionamento del dispositivo, in particolare sotto le azioni sismiche.
- Prove di qualificazione.



In particolare, le caratteristiche tecniche da misurare e dichiarare sono indicate nella seguente Tabella 11.8.I, a seconda del tipo di dispositivo.

**Tabella 11.8.I**

CARATTERISTICA	D. Lineare	D. Non lineare	D. Viscoso	Isolatore in elastomero
Capacità portante	si	si	-	si
Resistenza ad azioni sismiche	si	si	Si	-
Modulo di taglio	si	si	Si	si
Capacità di rotazione	si	si	Si	si
Coefficiente di attrito	si	si	-	-
Capacità di distorsione orizzontale	-	-	Si	si
Durabilità	si	si	Si	si

Per quanto riguarda la definizione delle suddette caratteristiche, le norme di prova di qualificazione ed accettazione dei dispositivi, si farà riferimento, ove possibile, alle norme europee applicabili ovvero alle Linee Guida per la Progettazione ed Esecuzione e Collaudo di Strutture Isolate dal Sisma, edite dal Servizio Tecnico Centrale.

Le caratteristiche dei dispositivi, di cui alla Tabella 11.8.I, devono essere accertate mediante opportune prove sui materiali e sui dispositivi, eseguite e certificate da laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, dotati di adeguata competenza, attrezzatura ed organizzazione. Tali laboratori devono essere incaricati dal produttore previo nulla osta rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale.

In assenza di un attestato di conformità CE, i dispositivi antisismici devono essere dotati di un Benestare Tecnico rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, sentito il Consiglio Superiore dei LL.PP..

Il Servizio Tecnico Centrale, in contraddittorio con il proponente, definirà il programma di indagini e prove per certificare le prestazioni del dispositivo. Il Benestare Tecnico verrà rilasciato sulla base dei risultati del programma di prove.

La documentazione da inviare al Servizio Tecnico Centrale, per il rilascio del Benestare Tecnico, deve includere:

- a) denominazione e caratteristiche del dispositivo che si intende qualificare;
- b) disegni con la esatta indicazione delle dimensioni, dei materiali impiegati, e della loro qualificazione, delle tolleranze ammesse e di ogni altra caratteristica utile alla loro valutazione;
- c) documentazione tecnica con la dichiarazione delle caratteristiche tecniche individuate nella Tabella 11.8.I;
- d) certificati delle prove svolte dal laboratorio di prova prescelto;
- e) il manuale di installazione e posa in opera, con l'individuazione, tra gli altri, di tutte le specifiche tecniche delle attrezzature e dei prodotti da utilizzare nelle operazioni di posa in opera.

I dispositivi devono essere dotati di un marchio indelebile che ne comprovi la provenienza e la conformità alla documentazione depositata.

Allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera, tutti i dispositivi devono essere prodotti con un sistema di controllo permanente della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

L'elenco dei prodotti qualificati sarà disponibile presso il Servizio Tecnico Centrale.

Il dispositivo può essere utilizzato nelle opere se in possesso di Benestare Tecnico. Il Benestare ha validità 5 (cinque) anni.

I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi del Benestare Tecnico, della certificazione del processo di produzione, dei rapporti di prova e le caratteristiche dichiarate dal produttore.

All'atto della posa in opera dei dispositivi il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il dispositivo sia oggetto di Benestare Tecnico presso il Servizio Tecnico Centrale e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore del sistema stesso. Dovrà inoltre rifiutare le eventuali forniture non conformi ed effettuare idonee prove di accettazione, che comprendano in ogni caso la verifica geometrica e delle tolleranze dimensionali nonché eventualmente la valutazione delle principali caratteristiche meccaniche di cui alla Tabella 11.8.I.

## 11.9. MURATURA PORTANTE

### 11.9.1. ELEMENTI PER MURATURA

Gli elementi per muratura portante devono essere in possesso di attestato di conformità alla relativa norma europea armonizzata della serie EN 771, ai sensi del DPR n. 246/93, secondo il sistema di attestazione della conformità indicato nella seguente tabella:

Tabella 11.9.I

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Categoria	Sistema di Attestazione della Conformità
Specifica per elementi per muratura - Elementi per muratura di laterizio, silicato di calcio, in calcestruzzo vibrocompresso (aggregati pesanti e leggeri), calcestruzzo aerato autoclavato, pietra agglomerata. UNI EN 771-1-2-3-4-5	CATEGORIA 1	2-
	CATEGORIA 2	4

Il Sistema 2- (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura I del DPR n. 246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.



Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art. 7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del DPR n. 246/93.

L'uso di elementi per muratura portante di Categoria 1 e 2 è subordinato all'adozione, nella valutazione della resistenza ammissibile, del corrispondente coefficiente di sicurezza  $\gamma_m$  riportato nel relativo paragrafo 5.4.

Il produttore degli elementi per muratura portante dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui alla Tabella 11.9.II, in conformità all'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea della serie EN 771.

**Tabella 11.9.II**

Parametro	Norma UNI EN di riferimento
Dimensioni e tolleranze dimensionali	UNI EN 772-16
Configurazione (in disegno o tabella da allegare)	UNI EN 772-3, 772-9, 772-16
Categoria (I o II)	UNI EN 771-1
Densità apparente	UNI EN 772-13
Resistenza caratteristica a compressione (direzione dei carichi verticali)	UNI EN 772-1
Resistenza caratteristica a compressione media in direzione ortogonale ai carichi verticali e nel piano della muratura	UNI EN 772-1

Tali caratteristiche sono contenute nelle informazioni che accompagnano la marcatura CE, conformemente al punto ZA.3 della relativa norma europea.

In particolare, per quanto riguarda la resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali, la resistenza caratteristica a compressione nel piano della muratura e in direzione ortogonale ai carichi verticali e le specifiche sulle malte per murature, si specifica quanto riportato nei paragrafi seguenti.

#### 11.9.2. RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE NELLA DIREZIONE DEI CARICHI VERTICALI

La resistenza caratteristica a compressione nella direzione dei carichi verticali degli elementi è dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

Nel caso venga utilizzato un numero di campioni pari a 30, la resistenza caratteristica viene ricavata mediante la seguente formula:

$$f_{bk} = f_{bm} - 1,64 s$$

nella quale è:

$f_{bm}$  = la media aritmetica delle resistenze unitarie dei campioni;

$s$  = lo scarto quadratico medio.

Nel caso in cui il numero  $n$  dei campioni sia compreso tra 10 e 29 il coefficiente moltiplicatore di  $s$  assume convenzionalmente i valori  $k$  di cui alla seguente Tabella 11.9.III.

Tabella 11.9.III

n	10	12	16	20	25
k	2,13	2,06	1,98	1,93	1,88

In entrambi i casi sopra riportati e qualora il valore  $s$  calcolato risultasse inferiore a  $0,08 f_{bm}$  si deve introdurre nella formula questo ultimo valore. Qualora il valore di  $s/f_{bm}$  risultasse superiore a  $0,2$  il valore della resistenza  $f_{bk}$  deve essere considerato non accettabile.

Nel caso infine in cui la prova venga effettuata su un numero di campioni compreso fra 6 e 9 la resistenza caratteristica viene assunta pari al minimo dei seguenti due valori:

- $0,7 f_{bm}$  ( $N/mm^2$ );
- il valore minimo della resistenza unitaria del singolo campione.

Le formule sopra riportate si applicano alle prove effettuate annualmente; non si applicano alle prove di autocontrollo effettuate dal produttore, per le quali valgono le indicazioni riportate nella relativa UNI EN 771, sia per quanto riguarda la quantità di campioni che la periodicità delle prove.

### 11.9.3. RESISTENZA CARATTERISTICA A COMPRESSIONE NEL PIANO DELLA MURATURA E NELLA DIREZIONE ORTOGONALE AI CARICHI VERTICALI

La determinazione della resistenza caratteristica a compressione nella direzione ortogonale a quella dei carichi verticali nel piano della muratura  $\tilde{f}_{bk}$  è dichiarata dal produttore utilizzando la norma UNI EN 772-1 su un numero di campioni superiore o uguale a 6, sottoposti a prove che, per elementi di Categoria II, saranno eseguiti presso un laboratorio di cui all'art.59 del DPR n.380/2001, con periodicità di prova almeno annuale.

La resistenza caratteristica è dedotta da quella media  $\tilde{f}_{bm}$  dei 6 campioni mediante la relazione  $\tilde{f}_{bk} = 0,7 \tilde{f}_{bm}$ .

### 11.9.4. MALTE PER MURATURA

La malta da muratura deve garantire prestazioni adeguate al suo impiego in termini di durabilità e di prestazioni meccaniche e deve essere dotata di attestato di conformità all'annesso ZA della norma europea EN 998-2 (Marcatura CE).

Il fabbricante di malta dichiara, nelle forme previste, le caratteristiche tecniche di cui al prospetto ZA.1 a) dell'appendice ZA della parte armonizzata della norma europea EN 998-2.



Il sistema di attestazione della conformità delle malte, ai sensi del DPR n.246/93 è indicato nella seguente Tabella 11.9.IV.

**Tabella 11.9.IV**

Specifica Tecnica Europea di riferimento	Uso Previsto	Sistema di Attestazione della Conformità
Malta per murature UNI EN 998-2	Usi strutturali	2+
	Uso non strutturale	4

Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n.246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Il Sistema 4 (autodichiarazione del produttore) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 3, del DPR n.246/93

Per garantire durabilità è necessario che i componenti la miscela non contengano sostanze organiche o grassi o terrose o argillose. Le calci aeree e le pozzolane devono possedere le caratteristiche tecniche ed i requisiti previsti dalle vigenti norme (regii decreti 16 novembre 1939, n. 2231 e n. 2230; legge 26 maggio 1965, n. 595, decreto ministeriale 14 gennaio 1966, decreto ministeriale 3 giugno 1968, decreto ministeriale 31 agosto 1972 e successive integrazioni o modificazioni).

Le prestazioni meccaniche di una malta sono definite mediante la sua resistenza media a compressione  $f_m$ . La categoria di una malta è definita da una sigla costituita dalla lettera M seguita da un numero che indica la resistenza  $f_m$  espressa in  $N/mm^2$  secondo la Tabella 11.9.V. Non è ammesso l'impiego di malte con resistenza  $f_m \leq 1 N/mm^2$ .

**Tabella 11.9.V - Classi di malte**

Classe	M 2,5	M 5	M 10	M 15	M 20	M d
Resistenza a compressione $N/mm^2$	2,5	5	10	15	20	d

**d** è una resistenza a compressione maggiore di 25  $N/mm^2$  dichiarata dal produttore

## 11.9.5. DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI MECCANICI DELLA MURATURA

### 11.9.5.1 Resistenza a compressione

#### DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

La resistenza caratteristica sperimentale a compressione si determina su  $n$  muretti ( $n \geq 6$ ), seguendo sia per la confezione che per la prova le modalità indicate qui di seguito.

I provini (muretti) devono avere le stesse caratteristiche della muratura in esame e ognuno di essi deve essere costituito almeno da tre corsi di elementi resistenti e deve rispettare le seguenti limitazioni:

- lunghezza ( $b$ ) pari ad almeno due lunghezze di blocco;

- rapporto altezza/spessore ( $l/t$ ) variabile tra 2.4 e 5.

La confezione è eseguita su di un letto di malta alla base e la faccia superiore è finita con uno strato di malta. Dopo una stagionatura di 28 giorni a 20 °C, 70% di umidità relativa, prima di effettuare la prova, la faccia superiore di ogni provino viene eventualmente livellata con gesso; il muretto può anche essere contenuto fra due piastre metalliche rettificata, utili per gli spostamenti ed il suo posizionamento nella pressa.

Il provino viene posto fra i piatti della macchina di prova (uno dei quali articolato) e si effettua quindi la centratura del carico. In proposito è consigliabile procedere anche ad un controllo estensimetrico. Il carico deve essere applicato con una velocità di circa 0.5 MPa ogni 20 secondi.

La resistenza caratteristica è data dalla relazione:

$$f_k = f_m - k s$$

dove:

$f_m$  = resistenza media;

$s$  = stima dello scarto;

$k$  = coefficiente riportato nella tabella seguente:

$n$	6	8	10	12	20
$k$	2.33	2.19	2.1	2.05	1.93

La determinazione della resistenza caratteristica deve essere completata con la verifica dei materiali, da condursi come segue:

- malta: n. 3 provini prismatici 40 x 40 x 160 mm da sottoporre a flessione, e quindi a compressione sulle 6 metà risultanti, secondo EN 998-2;
- elementi resistenti: n. 10 elementi da sottoporre a compressione con direzione del carico normale al letto di posa.

#### STIMA DELLA RESISTENZA A COMPRESSIONE

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni il valore di  $f_k$  può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi e dalla classe di appartenenza della malta tramite la Tabella I1.9.VI.

La validità di tale tabella è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm.

Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.



Tabella 11.9.VI - Valori della  $f_k$  per murature in elementi artificiali pieni e semipieni

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento $N/mm^2$	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2.0	1.2	1.2	1.2	1.2
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
40.0	14.3	12.0	10.4	--

Nel caso di murature costituite da elementi naturali si assume convenzionalmente la resistenza caratteristica a compressione dell'elemento  $f_{bk}$  pari a:

$$f_{bk} = 0.75 f_{bm}$$

dove  $f_{bm}$  rappresenta la resistenza media a compressione degli elementi in pietra squadrata.

Il valore della resistenza caratteristica a compressione della muratura  $f_k$  può essere dedotto dalla resistenza caratteristica a compressione degli elementi  $f_{bk}$  e dalla classe di appartenenza della malta tramite la seguente Tabella 11.9.VII.

Tabella 11.9.VII- Valori della  $f_k$  per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta			
	M15	M10	M5	M2.5
2.0	1.0	1.0	1.0	1.0
3.0	2.2	2.2	2.2	2.0
5.0	3.5	3.4	3.3	3.0
7.5	5.0	4.5	4.1	3.5
10.0	6.2	5.3	4.7	4.1
15.0	8.2	6.7	6.0	5.1
20.0	9.7	8.0	7.0	6.1
30.0	12.0	10.0	8.6	7.2
$\geq 40.0$	14.3	12.0	10.4	--

Anche in questo caso, per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

### 11.9.5.2 Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali

#### DETERMINAZIONE SPERIMENTALE DELLA RESISTENZA A TAGLIO

La determinazione della resistenza al taglio in assenza di tensioni normali,  $f_{vk0}$ , deve essere effettuata mediante prove di compressione diagonale su muretti. Le prove devono essere effettuate su almeno 6 provini.

La resistenza caratteristica  $f_{vk0}$  sarà dedotta dalla resistenza media  $f_{vm}$ , ottenuta dai risultati delle prove, mediante la relazione:

$$f_{vk0} = 0.7 f_{vm}$$

#### STIMA DELLA RESISTENZA A TAGLIO

In sede di progetto, per le murature formate da elementi artificiali pieni o semipieni il valore di  $f_{vk0}$  può essere dedotto dalla resistenza a compressione degli elementi tramite le Tabelle 11.9.VIII e 11.9.IX.

La validità di tali tabelle è limitata a quelle murature aventi giunti orizzontali e verticali riempiti di malta e di spessore compreso tra 5 e 15 mm. Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

**Tabella 11.9.VIII** - Valori di  $f_{vk0}$  per murature in elementi artificiali di laterizio pieni e semipieni (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta	$f_{vk0}$
$\leq 15$	$\leq M15$	0.2
$> 15$	$\leq M15$	0.3

**Tabella 11.9.IX** - Valori di  $f_{vk0}$  per murature in elementi artificiali di calcestruzzo pieni e semipieni (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta	$f_{vk0}$
$\leq 3$	M15, M10, M5	0.1
	M2.5	0.1
$> 3$	M15, M10, M5	0.2
	M2.5	0.1

La Tabella 11.9.X indica i valori di  $f_{vk0}$  che possono essere usati nel caso di murature con elementi naturali di pietra squadrata.



Tabella 11.9.X - Valori di  $f_{vk}$  per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in  $N/mm^2$ )

Resistenza caratteristica a compressione $f_{bk}$ dell'elemento	Tipo di malta	$f_{vk0}$
$\leq 3$	M15, M10, M5	0.1
	M2.5	0.1
$> 3$	M15, M10, M5	0.2
	M2.5	0.1

### 11.9.5.3 Resistenza caratteristica a taglio

In presenza di tensioni di compressione, la resistenza caratteristica a taglio della muratura,  $f_{vk}$ , è definita come resistenza all'effetto combinato delle forze orizzontali e dei carichi verticali agenti nel piano del muro e può essere ricavata tramite la relazione

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_n$$

dove:

$f_{vk0}$ : resistenza caratteristica a taglio in assenza di carichi verticali;

$\sigma_n$ : tensione normale media dovuta ai carichi verticali agenti nella sezione di verifica.

Per elementi resistenti artificiali semipieni o forati deve risultare soddisfatta la relazione

$$f_{vk} \leq f_{vk,lim} = 1.4 \bar{f}_{bk}$$

con

$f_{vk,lim}$ : valore massimo della resistenza caratteristica a taglio che può essere impiegata nel calcolo;

$\bar{f}_{bk}$ : valore caratteristico della resistenza degli elementi in direzione orizzontale e nel piano del muro, da ricavare secondo le modalità descritte nella relativa norma della serie EN 771.

### 11.9.5.4 Moduli di elasticità secanti

Il modulo di elasticità normale secante della muratura è valutato, in presenza di dati sperimentali, facendo riferimento all'intervallo:

$$0.1 f_k \div 0.4 f_k$$

In sede di progetto, in mancanza di determinazione sperimentale, nei calcoli possono essere assunti i seguenti valori:

- modulo di elasticità normale secante  $E = 1000 f_k$
- modulo di elasticità tangenziale secante  $G = 0.4 E$

Tutte le inserzioni dovranno essere raccordate con raggio di curvatura, al netto delle tolleranze, maggiore di 3 mm.

## 11.10. MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO

Le prescrizioni contenute in questo paragrafo si applicano al legno massiccio ed ai prodotti a base di legno per usi strutturali.

### 11.10.1. GENERALITÀ

#### 11.10.1.1 Legno massiccio

Il legno massiccio per uso strutturale è un prodotto naturale selezionato, in dimensioni d'uso nelle strutture, classificato, elemento per elemento, secondo la resistenza sulla base di specifiche normative.

I parametri di resistenza, di rigidezza e di massa volumica assegnati al legno strutturale vengono di regola determinati sulla base di prove sperimentali normalizzate che producono gli stessi tipi di effetti delle azioni alle quali il materiale sarà soggetto nella struttura. Tali prove devono essere condotte su campioni significativi di elementi classificati in dimensione d'uso.

I criteri di classificazione garantiscono all'elemento prestazioni meccaniche minime statisticamente determinate senza necessità di ulteriori prove sperimentali e verifiche.

Per tipi di legname non inclusi nelle norme vigenti, è ammissibile la determinazione dei parametri di cui sopra sulla base di confronti con specie legnose note aventi caratteristiche simili a quelle della specie incognita, oppure sulla base di correlazioni con i valori di resistenza, rigidezza e massa volumica ottenuti tramite prove eseguite su campioni di provini piccoli e netti. In questi due casi, tuttavia, si dovrà dimostrare di aver tenuto conto della minore affidabilità dei risultati rispetto a quelli ottenuti con il metodo ordinario.

La produzione, fornitura e utilizzazione del legno strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di rintracciabilità dei singoli elementi che copra la catena di custodia dal momento della prima classificazione e marcatura almeno fino al momento della prima messa in opera.

#### 11.10.1.2 Prodotti a base di legno

In questa norma si considerano i seguenti prodotti a base di legno:

- legno strutturale massiccio con giunti a dita
- legno lamellare incollato
- legno lamellare incollato con giunti a dita a tutta sezione
- pannelli a base di legno per uso strutturale
- altri prodotti a base di legno per impieghi strutturali

La produzione, fornitura e utilizzazione dei prodotti a base di legno per uso strutturale dovranno avvenire in applicazione di un sistema di assicurazione della qualità e di un sistema di rintracciabilità che copra la catena di custodia dal momento della prima classificazione e marcatura dei singoli componenti c/o semilavorati almeno fino al momento della prima messa in opera.



### 11.10.1.3 Valori caratteristici

Si definiscono valori caratteristici di resistenza di un tipo di legno i valori del frattile 5% della distribuzione delle resistenze, ottenuti sulla base dei risultati di prove sperimentali effettuate con una durata di 300 secondi su provini all'umidità di equilibrio del legno corrispondente alla temperatura di 20°C ed umidità relativa dell'aria del 65%.

Per il modulo elastico, si fa riferimento sia ai valori caratteristici di modulo elastico (frattile 5% della distribuzione dei moduli elastici) sia ai valori medi, ottenuti nelle stesse condizioni di prova sopra specificate.

Si definisce massa volumica caratteristica il valore del frattile 5% della relativa distribuzione con massa e volume corrispondenti alle condizioni di umidità di equilibrio del legno alla temperatura di 20°C ed umidità relativa dell'aria del 65%.

La progettazione con elementi di legno strutturale o con prodotti a base di legno per uso strutturale richiede la dichiarazione dei valori caratteristici riportati nel prospetto seguente che, prende il nome di "profilo caratteristico" del prodotto considerato.

Parametri di resistenza		Parametri di rigidezza		Massa volumica	
Flessione	$f_{m,k}$	Modulo elastico parallelo medio	$E_{0,mean}$	Massa volumica caratteristica	$\rho_{mean}$
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	Modulo elastico parallelo caratteristico	$E_{0,05}$	Massa volumica media	$\rho_k$
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	$f_{v,k}$				

Esistono profili caratteristici riconosciuti come validi e affidabili per ciascun tipo di materiale sul quale è stata condotta una sperimentazione conforme alle normative in vigore.

### 11.10.1.4 Produttore

Si definisce "produttore" il soggetto legalmente responsabile della classificazione secondo la resistenza meccanica (così come definita nelle pertinenti norme tecniche citate nel seguito) del materiale o del prodotto a base di legno.

In assenza di esplicita indicazione contraria nei documenti di accompagnamento delle forniture di materiali e prodotti a base di legno, ai fini della responsabilità legale il produttore coincide con il fornitore del materiale o del prodotto.

## 11.10.2 LEGNO MASSICCIO

I produttori di elementi di legno massiccio per uso strutturale devono essere qualificati così come specificato al punto 11.10.8.1.

All'atto della posa in opera il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il legno strutturale sia oggetto di attestato di qualificazione e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

Per il legno strutturale, nelle norme sono disponibili due tipi diversi di profili caratteristici:

- le *Categorie*: sono riferite a specifici "tipi di legname" ovvero specifiche combinazioni di specie legnosa/provenienza geografica/qualità. Le categorie sono contenute nelle diverse norme di classificazione dei diversi Paesi di produzione del legno strutturale;
- le *Classi di Resistenza*: sono riunite nella UNI EN 338 e costituiscono una raccolta di "profili normalizzati" di validità generale, utili allorché il progettista non desideri o non sia in grado di indicare un preciso tipo di legname.

Entrambi i tipi di profili caratteristici sono ugualmente ammissibili in sede di progettazione. Tuttavia, al momento della fornitura del materiale, la classificazione di quest'ultimo dovrà essere conforme a quanto prescritto nel progetto.

È ammessa l'equivalenza di una Categoria alla corrispondente Classe di Resistenza (e viceversa) se tale equivalenza è stabilita dalla UNI EN 1912.

Profili prestazionali caratteristici diversi da quelli sopra indicati potranno essere assunti nella progettazione sulla base dei risultati documentati di prove sperimentali in conformità a quanto disposto nella EN 14081 (o normativa riconosciuta equivalente, per legname di provenienza non Europea).

#### **11.10.2.1 Profili caratteristici per legno strutturale di provenienza italiana**

Profili caratteristici per tipi di legno strutturale di provenienza italiana sono contenuti nelle UNI 11035 (Parte 1 e Parte 2).

Nelle stesse norme si forniscono le regole di classificazione per i tipi di legname strutturale italiani, nonché indicazioni sulla procedura necessaria per l'attribuzione di profili caratteristici a tipi di legname non inclusi nella norma.

#### **11.10.2.2 Profili caratteristici per legno strutturale di provenienza non italiana**

Per tipi di legno strutturale di provenienza non italiana è possibile utilizzare le Classi di Resistenza equivalenti indicate nella UNI EN 1912.

#### **11.10.2.3 Uso dei valori caratteristici per legno strutturale**

I valori indicati nei profili caratteristici possono essere assunti nei calcoli di progetto come valori massimi per le grandezze cui si riferiscono.

Oltre alle già citate condizioni di prova normalizzate (geometria di prova, rottura a 300 s, umidità del legno in equilibrio con aria a  $T = 20^{\circ}\text{C}$  e  $\varphi = 65\%$ ), i valori caratteristici di resistenza riportati nelle norme sono riferiti alle seguenti dimensioni del provino:

- *provini per flessione*: altezza della sezione resistente 150 mm;
- *provino per trazione parallela alla fibratura*: dimensione massima della sezione resistente 150 mm;



- *provino per trazione perpendicolare alla fibratura*: dimensioni del provino 45x180x70 mm;
- *provino per resistenza a taglio*: volume uniformemente sollecitato 500 mm<sup>3</sup>.

Pertanto, per elementi di legno massiccio sottoposti a flessione che presentino altezza della sezione trasversale resistente minore di 150 mm, il valore caratteristico  $f_{m,k}$ , indicato nei profili caratteristici, può essere aumentato 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 resistente dell'elemento inflesso.

Analogamente in presenza di elementi di legno massiccio, a sezione rettangolare con dimensione massima inferiore a 150 mm, sottoposti a trazione parallelamente alla fibratura, il valore caratteristico  $f_{t0,k}$ , indicato nei profili caratteristici, può essere aumentato tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_h$ , sopra indicato, essendo  $h$ , in millimetri la misura del lato maggiore della sezione.

#### 11.10.2.4 Legno strutturale con giunti a dita

In aggiunta a quanto prescritto per il legno massiccio, gli elementi di legno strutturale con giunti a dita devono essere conformi alla UNI-EN 385.

### 11.10.3. LEGNO LAMELLARE INCOLLATO

#### 11.10.3.1 Requisiti di produzione

I produttori di elementi di legno lamellare per uso strutturale devono essere qualificati così come specificato al punto 11.10.8.2.

All'atto della posa in opera il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il legno lamellare incollato sia oggetto di attestato di qualificazione e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

#### 11.10.3.2 Classi di resistenza

L'attribuzione degli elementi strutturali di legno lamellare ad una classe di resistenza viene effettuata dal produttore secondo quanto previsto ai punti seguenti.

##### 11.10.3.2.1 CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLE PROPRIETÀ DELLE LAMELLE

Le lamelle sono da considerare a tutti gli effetti elementi di legno strutturale e sono quindi tutte individualmente classificate dal produttore come previsto in 11.10.2.

L'elemento strutturale di legno lamellare incollato può essere costituito dall'insieme di lamelle tra loro omogenee (elemento "omogeneo") oppure da lamelle di diversa qualità (elemento "combinato") secondo quanto previsto in UNI EN 1194.

Nella citata norma viene indicata la corrispondenza tra le classi delle lamelle che compongono l'elemento strutturale e la classe di resistenza risultante per l'elemento lamellare stesso, sia omogeneo che combinato.

**11.10.3.2.2 ATTRIBUZIONE DIRETTA IN BASE A PROVE SPERIMENTALI**

Nei casi in cui il legno lamellare incollato non ricada in una delle tipologie previste dalla UNI EN 1194, è ammessa l'attribuzione diretta degli elementi strutturali lamellari alle classi di resistenza sulla base di risultati di prove sperimentali, da eseguirsi in conformità alla EN 14080.

**11.10.3.2.3 Uso dei profili caratteristici per il legno lamellare incollato**

I valori indicati nei profili caratteristici possono essere assunti nei calcoli di progetto come valori massimi per le grandezze cui si riferiscono.

Oltre alle già citate condizioni di prova normalizzate (geometria di prova, rottura a 300 s, umidità del legno in equilibrio con aria a  $T = 20^{\circ}\text{C}$  e  $\varphi = 65\%$ ), i valori caratteristici di resistenza sono riferiti alle seguenti dimensioni del provino:

- *provini per flessione*: altezza della sezione resistente 600 mm;
- *provino per trazione parallela alla fibratura*: larghezza della sezione resistente (dimensione massima) 600 mm;
- *provino per trazione perpendicolare alla fibratura*: volume 10000 mm<sup>3</sup>;
- *provino per resistenza a taglio*: volume uniformemente sollecitato 500 mm<sup>3</sup>.

Pertanto, per elementi di legno lamellare incollato sottoposti a flessione che presentino una altezza della sezione trasversale minore di 600 mm, il valore caratteristico  $f_{m,k}$  può essere aumentato tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_h$ , così definito:

$$k_h = \min \left\{ \left( \frac{600}{h} \right)^{0,2} ; 1,15 \right\}$$

essendo  $h$ , in millimetri, l'altezza della sezione trasversale resistente dell'elemento inflesso.

Analogamente in presenza di elementi di legno lamellare, a sezione rettangolare con dimensione massima inferiore a 600 mm, sottoposti a trazione parallelamente alla fibratura, il valore caratteristico  $f_{t0,k}$ , può essere aumentato tramite il coefficiente moltiplicativo  $k_h$ , sopra indicato, essendo  $h$ , in millimetri la misura del lato maggiore della sezione.

**11.10.3.3 Dimensioni delle lamelle**

Le dimensioni delle singole lamelle dovranno rispettare i limiti per lo spessore  $s$  e l'area della sezione trasversale  $A$  indicati in UNI-EN 386.

**11.10.3.4 Giunti a dita "a tutta sezione"**

I giunti a dita "a tutta sezione" devono essere conformi a quanto previsto da UNI-EN 387.

I giunti a dita "a tutta sezione" non possono essere usati per elementi strutturali da porre in opera nella classe di servizio 3, quando la direzione della fibratura cambi in corrispondenza del giunto.



#### **11.10.4. PANNELLI A BASE DI LEGNO**

I produttori di pannelli a base di legno per uso strutturale devono essere in possesso di attestato di conformità alla relativa parte approvata della norma europea armonizzata EN 13986.

Il produttore di pannelli a base di legno per uso strutturale dichiara, nelle forme previste e per le parti approvate delle norme europee armonizzate sopra citate, quanto previsto dall'appendice ZA e in particolare:

- le caratteristiche tecniche conformemente al paragrafo ZA.1
- le informazioni che accompagnano la marcatura CE, conformemente al paragrafo ZA.3.

Il metodo di controllo della conformità dei pannelli a base di legno è quello dettagliato nell'appendice ZA-Prospetto ZA.2 "Sistemi di attestazione della conformità" (Sistema 2+) delle relative norme armonizzate. Il Sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art.7, comma 1 lettera B, Procedura 1 del DPR n.246/93, comprensiva della sorveglianza, giudizio ed approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

All'atto della posa in opera il direttore dei lavori deve verificare, acquisendone copia, che il pannello a base di legno per uso strutturale sia oggetto di attestato di conformità e che le procedure di posa in opera siano conformi alle specifiche tecniche del produttore.

I valori caratteristici di resistenza e di rigidità sono indicati nella EN 12369 (per pannelli OSB, pannelli di particelle e pannelli di fibra) oppure indicati dai produttori (per i pannelli di legno compensato) con riferimento alla UNI EN 1072, determinati secondo il metodo descritto nella UNI EN 1058.

#### **11.10.5. ADESIVI**

Gli adesivi per usi strutturali devono produrre unioni aventi resistenza e durabilità tali che l'integrità dell'incollaggio sia conservata, nella classe di servizio assegnata, durante tutta la vita prevista della struttura.

#### **11.10.6. ELEMENTI MECCANICI DI COLLEGAMENTO**

Per tutti gli elementi metallici che fanno parte di particolari di collegamento (spinotti, chiodi, viti, piastre metalliche, ...) le caratteristiche specifiche verranno verificate con riferimento alle normative vigenti per la categoria di appartenenza.

## 11.10.7 DURABILITÀ DEL LEGNO E DERIVATI

### 11.10.7.1 Generalità

Al fine di garantire alla struttura adeguata durabilità, si devono considerare i seguenti fattori tra loro correlati:

- l'uso della struttura;
- le condizioni ambientali prevedibili;
- la composizione, le proprietà e le prestazioni dei materiali;
- la forma degli elementi strutturali ed i particolari costruttivi;
- la qualità dell'esecuzione ed il livello di controllo della stessa;
- le particolari misure di protezione;
- la probabile manutenzione durante la vita presunta.

adottando in fase di progetto idonei provvedimenti volti alla protezione dei materiali.

### 11.10.7.2 Requisiti di durabilità naturale dei materiali a base di legno

Il legno ed i materiali a base di legno devono possedere un'adeguata durabilità naturale per la classe di rischio prevista in servizio, oppure devono essere sottoposti ad un trattamento preservante adeguato.

Per i prodotti in legno massiccio, una guida alla durabilità naturale e trattabilità delle varie specie legnose è contenuta nella UNI EN 350, mentre una guida ai requisiti di durabilità naturale per legno da utilizzare nelle classi di rischio è contenuta nella UNI-EN 460.

Le definizioni delle classi di rischio di attacco biologico e la metodologia decisionale per la selezione del legno massiccio e dei pannelli a base di legno appropriati alla classe di rischio sono contenute nelle UNI EN 335 (Parte 1, Parte 2 e Parte 3).

La classificazione di penetrazione e ritenzione dei preservanti è contenuta nelle UNI EN 351 (Parte 1 e Parte 2).

Le specifiche relative alle prestazioni dei preservanti per legno ed alla loro classificazione ed etichettatura sono indicate nelle UNI EN 599 (Parte 1 e Parte 2).

### 11.10.7.3 Resistenza alla corrosione

I mezzi di unione metallici strutturali devono, di regola, essere intrinsecamente resistenti alla corrosione, oppure devono essere protetti contro la corrosione.

L'efficacia della protezione alla corrosione dovrà essere commisurata alle esigenze proprie della Classe di Servizio in cui opera la struttura.

## 11.10.8. PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE DEL LEGNO

Le caratteristiche dei materiali, indicate nel capitolato secondo le prescrizioni dei punti da 11.10.1 a 11.10.7 o secondo eventuali altre prescrizioni in funzione della specifica



opera, devono essere garantite dai fornitori e/o produttori, per ciascuna fornitura, secondo le disposizioni che seguono.

Il Direttore dei Lavori potrà far eseguire prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti, secondo le metodologie di prova indicate nel presente paragrafo.

#### **11.10.8.1 Legno massiccio**

Per la qualificazione della produzione, i produttori di legno strutturale massiccio devono produrre al Servizio Tecnico Centrale, per ciascun stabilimento, la documentazione seguente:

- l'individuazione dello stabilimento cui l'istanza si riferisce;
- il tipo di elementi strutturali che l'azienda è in grado di produrre;
- l'organizzazione del sistema di rintracciabilità relativo alla produzione di legno strutturale;
- l'organizzazione del controllo interno di produzione, con l'individuazione di un "Direttore Tecnico della produzione" qualificato alla classificazione del legno strutturale;
- il marchio afferente al produttore (in seguito denominato "marchio del fornitore") specifico per la classe di prodotti "elementi di legno massiccio per uso strutturale".

I produttori sono tenuti ad inviare al Servizio Tecnico Centrale, ogni anno, i seguenti documenti:

- a) una dichiarazione attestante la permanenza delle condizioni iniziali di idoneità della organizzazione del controllo interno di qualità o le eventuali modifiche;
- b) i risultati dei controlli interni eseguiti nell'ultimo anno, per ciascun tipo di prodotto, da cui risulti anche il quantitativo di produzione.

Il mancato rispetto delle condizioni sopra indicate, accertato anche attraverso sopralluoghi, può comportare la decadenza della qualificazione.

Tutte le forniture di elementi in legno massiccio per uso strutturale debbono essere marcate e accompagnate da una documentazione relativa alle caratteristiche tecniche del prodotto.

##### **11.10.8.1.1 IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI PRODOTTI QUALIFICATI**

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marcatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, conforme alla EN 14081

Ogni prodotto deve essere marcato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marcatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a se stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo

stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in lotti, differenti possono essere i sistemi di marcatura adottati, anche in relazione all'uso.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di legname nonché al lotto di classificazione e alla data di classificazione.

Tenendo presente che l'elemento determinante della marcatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale e deve comunicare tempestivamente eventuali modifiche apportate.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marcata (pezzo singolo o lotto) viene scorporata, per cui una parte, o il tutto, perde l'originale marcatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

I produttori, i successivi intermediari e gli utilizzatori finali devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni e devono mantenere evidenti le marcature o etichette di riconoscimento per la rintracciabilità del prodotto.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal Servizio Tecnico Centrale.

#### **11.10.8.1.2 FORNITURE E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO**

Tutte le forniture di legno strutturale devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

L'attestato può essere utilizzato senza limitazione di tempo.

Su tale attestato deve essere riportato il riferimento al documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

#### **11.10.8.2 Legno lamellare**

I produttori di elementi in legno lamellare, per i quali valgono integralmente tutte le disposizioni di cui al precedente punto 11.10.8.1, devono dotarsi di un sistema di control-



lo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla posa in opera.

Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con le norme UNI EN 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI EN 45012.

Ai fini della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo produttivo il produttore e l'organismo di certificazione di processo potranno fare utile riferimento alle indicazioni contenute nelle relative norme europee od internazionali applicabili.

I documenti che accompagnano ogni fornitura devono indicare gli estremi della certificazione del sistema di garanzia della qualità del processo produttivo.

Ai produttori di elementi in legno lamellare è fatto altresì obbligo di:

- a) Sottoporre la produzione, presso i propri stabilimenti, ad un controllo continuo documentato condotto sulla base della UNI-EN 386. Il controllo della produzione deve essere effettuato a cura del Direttore Tecnico di stabilimento, che deve provvedere alla trascrizione dei risultati delle prove su appositi registri di produzione. Detti registri devono essere disponibili al Servizio Tecnico Centrale e, limitatamente alla fornitura di competenza, per il direttore dei lavori e il collaudatore della costruzione.
- b) Nella marchiatura dell'elemento, oltre a quanto già specificato nel punto 11.10.8.1, deve essere riportato anche l'anno di produzione.

#### **11.10.8.3 Pannelli a base di legno**

Ai produttori di pannelli a base di legno per impieghi strutturali per i quali, per quanto applicabili, valgono integralmente tutte le disposizioni di cui ai precedenti punti 11.10.8.1 e 11.10.8.2, è fatto altresì obbligo di sottoporre la produzione ai controlli previsti per gli impieghi strutturali conformemente a quanto indicato nella EN 13986.

#### **11.10.8.4 Altri prodotti a base di legno**

Ai produttori di elementi a base di legno per impieghi strutturali che non rientrino tra quelli precedentemente esaminati, per quanto applicabili, valgono integralmente tutte le disposizioni di cui al precedente punto 11.10.8.1 e 11.10.8.2, è fatto altresì obbligo di sottoporre la produzione ai controlli previsti per impieghi strutturali nelle normative EN applicabili.

#### **11.10.8.5 Prodotti provenienti dall'estero**

Gli adempimenti di cui ai punti 11.10.8.1 fino a 11.10.8.4 si applicano anche agli eventuali prodotti finiti provenienti dall'estero.

Per i prodotti provenienti da Paesi esteri, nei quali sia in vigore una certificazione di idoneità tecnica riconosciuta dalle rispettive Autorità competenti, il fornitore potrà, in alternativa a quanto previsto al primo comma, inoltrare al Servizio Tecnico Centrale domanda intesa ad ottenere il riconoscimento dell'equivalenza della procedura adottata nel Paese di origine depositando contestualmente la relativa documentazione per i prodotti da fornire con il corrispondente marchio.

L'equivalenza della procedura di cui al precedente comma è sancita con decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

#### **11.10.8.6 Laboratori di prove e controlli**

Sono abilitati ad effettuare le prove ed i controlli, sia sui prodotti che sui cicli produttivi, i laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001 ed i laboratori abilitati ai sensi del DPR n. 246/93 in materia di prove e controlli sul legno.



