



# PROVINCIA DI MODENA

Area Lavori Pubblici

Direttore Ing. Alessandro Manni

Servizio Lavori speciali Opere Pubbliche

telefono 059 209 623 fax 059 343 706

via J.Barozzi 340, 41124 Modena c.f. e p.i. 01375710363

centralino 059 209 111 www.provincia.modena.it provinciadimodena@cert.provincia.modena.it

Servizio Certificato UNI EN ISO 9001:2008 - Registrazione N. 3256 -A-

## I.S.T.A.S. LAZZARO SPALLANZANI DI CASTELFRANCO EMILIA (MO) POSIZIONAMENTO MODULI PREFABBRICATI AD USO LABORATORI

### PROGETTO ESECUTIVO

RIFERIMENTO ELABORATO

**PE006.b**

### CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO PARTE TECNICA

PROT. n°

SCALA

DATA DICEMBRE 2016

CL.

revisione

data

descrizione

redatto

controllato

approvato

DEL

FASC.

SUB

N



ubicazione intervento

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

**Ing. Alessandro Manni**

PROGETTISTA GENERALE

**Ing. Daniele Gaudio**

PROGETTISTA STRUTTURALE DELLE FONDAZIONI

**Ing. Vincenzo Chianese**

CONSULENTE GEOLOGICO

**Dott. geol. Luca Rossi**

VISTO IL DIRETTORE DEI LAVORI

<b>SEZIONE 1 - CONDIZIONI GENERALI.....</b>	<b>2</b>
1.1 GENERALITA'.....	2
1.2 LEGGI E NORME.....	2
1.3 CAMPIONATURE DI MATERIALI E COLORI.....	2
1.4 CERTIFICATI DI PROVENIENZA.....	3
<b>SEZIONE 2 - MOVIMENTI DI TERRA E DEMOLIZIONI.....</b>	<b>4</b>
2.1 SCAVI.....	4
2.2 DRENAGGI ED OPERE DI AGGOTTAMENTO.....	6
<b>SEZIONE 3 - CALCESTRUZZI, CASSERI, FONDAZIONI SPECIALI.....</b>	<b>8</b>
3.1 CASSEFORME E STRUTTURE DI SUPPORTO.....	8
3.2 ARMATURE DI ACCIAIO ORDINARIO.....	12
3.3 CALCESTRUZZI.....	17
<b>SEZIONE 4 - STRUTTURE PREFABBRICATE IN ACCIAIO.....</b>	<b>32</b>
4.1 GENERALITÀ.....	32
4.2 SALDATURE.....	32
4.3 CONTROLLI IN CORSO DI LAVORAZIONE.....	34
4.4 MONTAGGIO.....	34

## **SEZIONE 1 - CONDIZIONI GENERALI**

### **1.1 GENERALITA'**

#### A - Riferimenti

Per quanto non in contrasto con le presenti specifiche, valgono le norme del "CAPITOLATO SPECIALE TIPO PER APPALTI DI LAVORI EDILIZI" (di seguito richiamato con C.S.T.), redatto dal Servizio Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici, aggiornato con D.P.R. 16 luglio 1962, n. 1063 e suoi eventuali, ulteriori, successivi aggiornamenti.

#### B - Regole generali

Ai fini contrattuali le varie sezioni od articoli devono intendersi fra di loro correlati ed integrati.

I lavori, descritti nelle diverse sezioni, devono essere fra di loro coordinati, in modo da assicurare un regolare procedere di tutte le lavorazioni oggetto dell'appalto.

Le specifiche relative alle opere di pertinenza di una sezione, ma in essa non menzionate, vanno ricercate in altre sezioni.

Le norme di seguito richiamate devono intendersi come facenti parte integrante dei documenti contrattuali.

Le raccomandazioni dei Produttori sul trasporto, l'installazione e la posa in opera dei materiali e/o manufatti avranno valore di norma.

Le specifiche, nella loro stesura, potrebbero contenere delle frasi incomplete, l'Appaltatore dovrà completarle e interpretarle secondo la logica dell'argomento trattato.

L'errata ortografia, la mancanza di punteggiatura od altri errori simili non potranno modificare l'interpretazione del senso delle frasi intese nel contesto dell'argomento trattato.

In caso di riferimenti a sezioni diverse errati o mancanti, l'Appaltatore dovrà procedere alla loro individuazione secondo la logica dell'argomento trattato.

I lavori descritti nelle specifiche devono intendersi forniti in opera e compiuti in ogni loro parte, comprensivi, cioè, di tutti gli oneri derivanti da prestazioni di mano d'opera, fornitura di materiali, trasporti, noli, ecc.

Quale regola generale s'intende che i materiali, i prodotti ed i componenti occorrenti, realizzati con materie prime e tecnologie tradizionali e/o artigianali, per la costruzione delle opere, proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, ad insindacabile giudizio ed accettazione della Direzione dei lavori, rispondano alle caratteristiche/prestazioni di seguito indicate.

Nel caso di prodotti industriali e/o innovativi, la rispondenza deve risultare da un attestato di conformità rilasciato dal produttore e comprovato da idonea documentazione e/o certificazione.

I materiali in genere occorrenti per la realizzazione delle opere verranno approvvigionate dalle località e dai fornitori che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, ma dovranno essere preventivamente accettati dalla Direzione Lavori che accerterà a suo insindacabile giudizio la loro idoneità e rispondenza alle norme ed al presente Capitolato Speciale.

I materiali da impiegare dovranno provenire da fornitori il cui sistema di produzione sia stato certificato ISO 9000; dovranno essere rispondenti alle norme di buona tecnica ad essi applicabili e - ove previsto dalle norme - dovranno essere dotati di marchio CE e di marchio IMQ o di altro marchio di uno dei paesi della Comunità Europea.

Essi dovranno essere della migliore qualità ed al momento dell'uso dovranno trovarsi in perfetto stato di conservazione; la loro posa in opera dovrà avvenire con l'osservanza delle migliori regole dell'arte.

### **1.2 LEGGI E NORME**

I lavori, descritti nelle specifiche, dovranno essere eseguiti nel rispetto delle leggi e normative vigenti in materia, e loro successivi eventuali aggiornamenti. Inoltre vanno rispettate le prescrizioni relative a:

- Normative UNI, UNI-CNR, CEI;
- Standards e prescrizioni degli Enti erogatori di energia e di servizi;
- Norme particolari del Committente, qualora esplicitate.

Per quanto non previsto dalla Legislazione e Normativa Tecnica Nazionale si farà riferimento alle norme emanate dai seguenti Enti e/o Istituti:

- ASTM - B.S. - D.I.N. - AFOR - ISO STANDARD - AASHTO.

Qualora l'Appaltatore intenda avvalersi degli standards di detti Istituti dovrà sottoporre alla D.L., per approvazione, copia della norma relativa all'argomento trattato. Nel caso in cui non esistano particolari standards normativi, potranno essere impiegati materiali e/o manufatti con "marchio", per i quali verranno adottate le specifiche del Produttore, il tutto conformemente alle attuali normative in vigore.

Tutti i materiali dovranno essere corredati da marcatura ce, nel pieno rispetto dell'attuale quadro normativo.

### **1.3 CAMPIONATURE DI MATERIALI E COLORI**

Le campionature definite in questa sottosezione sono quelle atte a dimostrare le qualità fisiche ed estetiche dei materiali e/o manufatti impiegati nella costruzione, e si differenziano da quelle che dovranno comunque essere fornite dall'Appaltatore per le prove ed i collaudi richiesti dal Direttore dei Lavori.

#### A - Misure dei campioni

- 1) Per i materiali considerati a pezzo (mattoni, blocchi, piastrelle ecc.), quattro pezzi di misura normale se questa non supera i mq 0.3;

- 2) per i materiali forniti in foglio (compensato, vetro, plastica, tessuto ecc.) un campione di misura non inferiore a 20 cm per lato e non superiore a 30 cm per lato, se non richiesto in misura diversa;
- 3) per i materiali sciolti (aggregati, leganti, vernici, additivi ecc.) un campione non inferiore ad 1 dm<sup>3</sup>;
- 4) per i materiali considerati a numero (accessori di serramenti, serrature ecc.) un campione;
- 5) per i materiali considerati a misura lineare (profili, estrusioni, cavi ecc.) un campione di sezione normale e di lunghezza non inferiore a 25 cm;
- 6) per i materiali forniti in contenitori (leganti, sigillanti, adesivi ecc.) un contenitore di misura normale non inferiore ad 1 dm<sup>3</sup>;
- 7) per le murature ed i rivestimenti di paramenti esterni, (se a casellario) dovrà essere eseguito un campo di superficie non inferiore a mq 6 per ogni sfumatura di colore;
- 8) per le pavimentazioni ed i rivestimenti interni (se a casellario) dovrà essere eseguito un campo di superficie non inferiore a mq 4 per ogni sfumatura di colore.

Quando i materiali possono avere delle variazioni naturali di colore o struttura, l'Appaltatore dovrà fornire una campionatura che indichi le varie possibilità di variazione.

## **1.4 CERTIFICATI DI PROVENIENZA**

I certificati devono essere rilasciati da laboratori di prove autorizzati, e prodotti in triplice copia nei casi seguenti:

- quando richiesto dalle specifiche;
- quale accompagnamento di campioni di materiali e comprova della loro conformità alle specifiche tecniche;
- per tutti i materiali per i quali verrà richiesta una specifica diversa da quella contrattuale;
- l'Appaltatore potrà produrre di sua iniziativa certificati di materiali anche se non espressamente richiesti;
- su richiesta del Direttore dei Lavori, e qualora non trattasi di certificazioni relative a campionature prelevate a norma di legge in cantiere, detti certificati potranno avere valore di "certificato di prova".

Valgono inoltre tutte le prescrizioni normative in materia.

## SEZIONE 2 - MOVIMENTI DI TERRA E DEMOLIZIONI

### 2.1 SCAVI

#### A - Normativa di Riferimento

**Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008** "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008).

**CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617** - "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008". (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)

Gli scavi saranno eseguiti conformi alle prescrizioni di progetto salvo le eventuali varianti che fossero disposte dalla direzione dei lavori; dovrà essere usata ogni esattezza nello scavo dei canali e dei bacini, nello spianare e sistemare i cigli e le banchine, nel configurare e profilare le scarpate e i fronti degli scavi. L'appaltatore dovrà consegnare le trincee e i rilevati, nonché gli scavi e i riempimenti al giusto piano prescritto, con scarpate regolari e spianate, con i cigli ben tracciati e profilati, compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori, fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e sistemazione delle scarpate e lo espurgo di manutenzione.

L'appaltatore dovrà sviluppare i movimenti di materie con adeguati mezzi e con sufficiente mano d'opera in modo da formare scavi possibilmente completi a piena sezione in ciascun tratto iniziato.

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro, a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e geotecnica di cui al Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 integrato dalle istruzioni applicative di cui alla CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno fornite all'atto esecutivo dalla Direzione dei lavori tenendo anche conto della norma UNI ENV 1997-1 (Eurocodice 7).

Nell'esecuzione degli scavi in genere, l'Appaltatore dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando, oltre che totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligato a provvedere, a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.

L'Appaltatore dovrà, inoltre, provvedere a sue spese affinché le eventuali acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi nei cavi.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o ritenute adatte (a giudizio insindacabile della Direzione dei lavori) ad altro impiego nei lavori (quale ad esempio riuso), dovranno essere portate fuori della sede del cantiere, alle pubbliche discariche ovvero su aree che l'Appaltatore dovrà provvedere a rendere disponibili a sua cura e spese.

Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, esse dovranno essere depositate in (località deposito), previo assenso della Direzione dei lavori, per essere poi riprese a tempo opportuno. In ogni caso le materie depositate non dovranno essere di danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti in superficie.

La Direzione dei lavori potrà fare asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

L'appaltatore dovrà infine curare che gli scavatori o le macchine impiegate allo scopo nel cantiere rispettino i limiti di rumorosità di cui al Decreto del Ministero dell'Industria del 26 giugno 1998 e s.m.i., nonché nel rispetto di quanto disposto al t.u. sulla sicurezza..

Quando occorra, ( per l'incoerenza delle materie, oppure per la profondità degli scavi, o quando lo scavo debba essere eseguito al di sotto del livello dell'acqua sorgiva, ecc. ), gli scavi, sia di sbancamento che di fondazione, dovranno essere solidamente puntellati e sbadacchiati con robuste armature in modo da assicurare abbondantemente contro ogni pericolo le persone e le cose, ed impedire lo smottamento di materie durante l'esecuzione degli scavi e successivamente.

L'Appaltatore è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle cose ed alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza od insufficienza delle armature, alle quali egli deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le altre precauzioni necessarie ed opportune.

La sussistenza delle condizioni per le qualifica del materiale da scavo come sottoprodotto, e non rifiuto, deve essere comprovata direttamente a sue spese dall'appaltatore tramite il Piano di utilizzo ( ai sensi del d. 162/12 e s.m.i., anche con riferimento ai Dlgs 152/2006 e s.m.i., Dlgs 4/08 e Dlgs 205/10). L'appaltatore a sue spese dovrà curarne inoltre tutto l'iter amministrativo.

#### a) **Scavi di sbancamento - Formazione del piano di posa**

Per scavi di sbancamento o sterri andanti s'intendono quelli occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani di appoggio per platee di fondazione e reticolo di trave di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali, ecc., e in generale tutti quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie.

L'Impresa è tenuta, a richiesta della D.L., ad effettuare prove sul terreno sottostante il piano di posa, mediante prelievo di campioni, e precisamente:

1. Analisi granulometriche per la classifica secondo la tabella U.N.I. C.N.R. 10006;
2. Determinazione dell'umidità percentuale in sito;
3. Prova Proctor mod. AASHO T-180-64 per stabilire la secca ed il relativo ottimale di umidità (OMC);
4. Determinazione dei parametri di coesione e di attrito interno (eventuali).

L'Impresa dovrà inoltre eseguire, a richiesta della D.L., il calcolo della portanza del piano di posa eseguito secondo uno dei metodi correntemente accettati (Prandtl - Taylor, Terzaghi, ecc.): nel caso di terre di natura limo - argillosa o torbosa l'Impresa dovrà eseguire prove per stabilire il carico di rottura del terreno.

Il piano di posa sarà preparato nei modi seguenti:

- rimozione dello strato vegetale;
- taglio degli alberi, estirpazione di radici, ceppaie, cespugli;
- idoneo riempimento o compattazione delle buche derivanti da estirpazioni di radici.

Se il terreno appartiene ai gruppi A-4, A-5, A-6, A-7, A-8, la D.L. potrà indicare, a suo insindacabile giudizio:

- compattazione;
- la stabilizzazione dello strato e la compattazione ad una densità di almeno il 95% della prova Proctor mod.;

- la sostituzione dello strato, per uno spessore stabilito dalla D.L., con idoneo materiale che dovrà essere compattato alla densità prescritta.

La quota dei piani di posa sarà di norma pari allo spessore allo strato di terreno vegetale.

L'Impresa dovrà assicurare lo smaltimento delle acque dal piano di posa.

Il sottofondo dovrà essere costipato per una profondità di almeno 50 cm ad una densità pari al 95% della prova Proctor mod.

La Direzione dei Lavori si riserva di controllare il comportamento dei piani di posa mediante la misurazione del modulo di compressione Me, determinato con piastra da 30 cm. di diametro (Norme svizzere VSS-SNV 670317).

Il valore di Me misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di scarico e nell'intervallo compreso fra 0,05 e 0,15 N/mmq, non dovrà essere inferiore a 15 N/mmq.

#### **b) Scavi in prossimità di edifici**

Qualora i lavori si sviluppino lungo strade o zone affiancate da edifici, gli scavi dovranno essere preceduti da attento esame delle loro fondazioni, integrato da sondaggi, tesi ad accertarne natura, consistenza e profondità, quando si possa presumere che lo scavo della trincea risulti pericoloso per la stabilità dei fabbricati.

Verificandosi tale situazione, l'Appaltatore dovrà ulteriormente procedere, a sue cure e spese, ad eseguire i calcoli di verifica della stabilità nelle peggiori condizioni che si possano determinare durante i lavori ed a progettare le eventuali opere di presidio, provvisorie o permanenti, che risulti opportuno realizzare.

Le prestazioni relative all'esecuzione dei sondaggi e alla realizzazione delle opere di presidio alle quali - restando ferma ed esclusiva la responsabilità dell'Appaltatore - si sia dato corso secondo modalità consentite dalla Direzione dei Lavori, faranno carico alla Stazione appaltante e verranno remunerate ai prezzi di elenco.

Qualora, lungo le strade o nelle zone adiacenti nelle quali si dovranno realizzare le opere, qualche fabbricato presenti lesioni o, in rapporto al suo stato, induca a prevederne la formazione in seguito ai lavori, sarà obbligo dell'Appaltatore redigerne lo stato di consistenza in contraddittorio con le Proprietà interessate, corredandolo di una adeguata documentazione fotografica e installando, all'occorrenza idonee spie.

#### **c) Interferenze con servizi pubblici**

Qualora, durante i lavori, si intersechino dei servizi pubblici sotterranei (condutture per acqua e gas, cavi elettrici, telefonici e simili nonchè manufatti in genere), saranno a carico della Stazione appaltante esclusivamente le spese occorrenti per quegli spostamenti di tali servizi che, a giudizio della Direzione dei Lavori, risultino strettamente indispensabili. Tutti gli oneri che l'Impresa dovrà sostenere per le maggiori difficoltà derivanti ai lavori a causa dei servizi stessi si intendono già remunerati dai prezzi stabiliti dall'Elenco per l'esecuzione degli scavi.

#### **d) Materiali di risulta**

Senza che ciò dia diritto a pretendere delle maggiorazioni sui prezzi d'Elenco, i materiali scavati che, a giudizio della Direzione dei Lavori, possano essere riutilizzati, ed in modo particolare quelli costituenti le massicciate stradali o inerti paragonabili ad A1 - A1a e A1b, o inerti provenienti da demolizioni in calcestruzzo o in laterizio, le cotiche erbose e il terreno di coltivo, dovranno essere depositati in cumuli distinti in base alla loro natura, se del caso eseguendo gli scavi a strati successivi, in modo da poter asportare tutti i materiali di interesse prima di approfondire gli scavi.

Di norma, il deposito sarà effettuato a lato di queste ultime, in modo, tuttavia, da non ostacolare o rendere pericolosi l'attività delle maestranze, adottando inoltre gli accorgimenti atti a impedire l'allagamento degli scavi da parte delle acque superficiali, gli scoscendimenti dei materiali ed ogni altro eventuale danno, che, comunque, nel caso avesse a verificarsi, dovrà essere riparato a tutte cure e spese dell'Appaltatore.

Quando il deposito a lato delle trincee non fosse richiesto o, per qualsiasi motivo, possibile, il materiale di risulta dovrà, di norma, essere caricato sui mezzi di trasporto direttamente dalle macchine o dagli operai addetti allo scavo e sarà quindi avviato, senza deposito intermedio ai rinterri.

Solo qualora, per qualsiasi motivo, non sia possibile né il deposito a lato degli scavi, né l'immediato reimpiego, sarà ammesso il provvisorio accumulo dei materiali da impiegarsi nei rinterri, negli argini o nelle massicciate stradali che saranno prescritte, o comunque accettate, dalla Direzione dei Lavori. In tutti i casi i materiali eccedenti e quelli che, non siano impiegabili nei rinterri, dovranno essere direttamente caricati sui mezzi di trasporto all'atto dello scavo ed avviati nella zona della discarica individuata dalla Direzione Lavori.

#### **e) Norme antinfortunistiche**

L'Appaltatore dovrà sottrarre alla viabilità il minor spazio possibile ed adottare i provvedimenti necessari a rendere sicuro il transito dei mezzi d'opera nonchè l'attività delle maestranze. Fermi tutti gli obblighi e le responsabilità in materia di prevenzione degli infortuni, l'Appaltatore risponde della solidità e stabilità delle armature di sostegno degli scavi degli argini, delle massicciate stradali ed è tenuto a rinnovare o rinforzare quelle parti delle opere provvisorie che risultassero deboli.

Egli dovrà contornare, a suo esclusivo carico, tutti gli scavi mediante robusti parapetti, formati con tavole prive di chiodi sporgenti e di scheggiatura, da mantenere idoneamente verniciate, ovvero con sbarramenti di altro tipo che garantiscano una adeguata protezione.

#### **f) Rilevati e rinterri**

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature, o da addossare alle murature, e fino alle quote prescritte dalla Direzione dei lavori, s'impiegheranno in genere, e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti per quel cantiere, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della Direzione dei lavori, per la formazione dei rilevati.

Quando venissero a mancare, in tutto o in parte, i materiali di cui sopra, si preleveranno le materie occorrenti ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla Direzione dei lavori.

Per rilevati e rinterrati da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in genere, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterrati e riempimenti, dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di uguale altezza, disponendo, contemporaneamente, le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno essere depositate in vicinanza dell'opera, per poi essere riprese al momento della formazione dei suddetti rinterrati.

Per tali movimenti di materie si dovrà sempre provvedere alla pilonatura delle materie stesse, da eseguirsi secondo le prescrizioni che verranno indicate dalla Direzione dei lavori.

È vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente Articolo, saranno a completo carico dell'Appaltatore. È obbligo dell'Appaltatore (escluso qualsiasi compenso) dare ai rilevati, durante la loro costruzione quelle maggiori dimensioni richieste dall'asestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

L'Appaltatore dovrà consegnare i rilevati con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati e compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e l'espurgo dei fossi.

La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni, sarà previamente ripulita dello strato erboso, ove occorra e, se inclinata, sarà tagliata a gradoni con leggera pendenza verso il monte.

Il rinterro degli scavi dovrà essere eseguito in modo che:

- per natura del materiale e modalità di costipamento, non abbiano a formarsi, in prosieguo di tempo, cedimenti o assestamenti irregolari;
- condotti e i manufatti non siano assoggettati a spinte trasversali o di galleggiamento e, in particolare, quando i primi siano realizzati mediante elementi prefabbricati, non vengano provocati spostamenti;
- si formi un'intima unione tra il terreno naturale e il materiale di riempimento, cosicché, in virtù dell'attrito con le pareti dello scavo, ne consegua un alleggerimento del carico sui condotti.

Per conseguenza, malgrado ai rinterrati si debba, di norma, provvedere utilizzando i materiali di risulta degli scavi, non potranno in alcun caso essere impiegati materiali, quali scorie e terreni gessosi, che possano aggredire chimicamente le opere, né voluminosi, quali terreni gelati o erbosi, o di natura organica, quali legno, torba e simili, che possano successivamente provocare sprofondamenti.

Quando il materiale di risulta non possiede le necessarie caratteristiche per essere idoneo a massicciate, argini ecc, o non è stato previsto il suo utilizzo come rinterro dovrà essere allontanato e steso nelle zone di scarica: tale operazione è un onere già remunerato nelle voci di elenco prezzi inerenti gli scavi. Il corrispettivo per il rinterro con i materiali di risulta degli scavi comprende invece la eliminazione dei corpi estranei voluminosi, quali trovanti di roccia, massi, grosse pietre, ciottoli e simili, che potrebbero lesionare i manufatti durante i rinterrati o, a costipamento avvenuto, determinare la concentrazione di carichi sui condotti.

Nell'eseguire i rinterrati, si dovrà distinguere fra il rinalzo della tubazione, il riempimento di buche, la formazione di massicciate o di argini.

Il rinalzo si estende dal fondo della fossa sino ad una altezza variabile dai 10 ai 30 cm a secondo delle prescrizioni della Direzione Lavori sopra il vertice del tubo; esso deve essere realizzato con terreno privo di ogni materiale estraneo, ciottoli compresi, suscettibile di costipamento in strati di altezza non superiore a 30 cm. La compattazione dovrà essere eseguita a mano, con apparecchi leggeri, contemporaneamente da ambo i lati della tubazione, ad evitare il determinarsi di spinte trasversali o di galleggiamento e, in particolare, lo spostamento dei condotti, quando essi siano realizzati con elementi prefabbricati.

Subito dopo il rinalzo della canalizzazione, seguirà il riempimento della fossa, da effettuarsi stendendo il materiale in successivi strati, di spessore tale da assicurare, con impiego di apparecchiature scelte in relazione alla natura del materiale stesso un sufficiente costipamento, senza che la tubazione sia danneggiata.

Qualora per il riempimento degli scavi il progetto prevedesse l'impiego di materiale inerte (ghiaie, sabbia o stabilizzato) e nel contempo la Direzione Lavori verificasse la non idoneità del materiale proveniente dagli scavi, l'impresa su indicazioni della direzione lavori stessa provvederà al riempimento degli scavi e/o al rinfianco delle tubazioni con i materiali indicati in elenco prezzi e nelle tavole esecutive di progetto. I prezzi stabiliti dall'Elenco per scavi comprensivo di rinterrati remunerano anche le sistemazioni superficiali sia degli scavi che delle zone in cui siano stati lasciati a provvisorio deposito i materiali di risulta.

Essi sono pure comprensivi degli oneri che l'Appaltatore dovrà sostenere per controllare costantemente le superfici dei rinterrati, e delle prestazioni di mano d'opera e di mezzi d'opera necessarie alle riprese ed alle ricariche fino al ripristino della pavimentazione, se questo sia compreso nell'appalto, o al conseguimento del collaudo.

L'osservanza delle prescrizioni impartite nel presente articolo in ordine alle modalità di esecuzione dei rinterrati e di sistemazione e manutenzione degli strati superficiali non solleva l'Appaltatore da nessuna responsabilità relativa alla buona riuscita dell'operazione.

## 2.2 DRENAGGI ED OPERE DI AGGOTTAMENTO

Le celle della discarica, le canalizzazioni ed i manufatti saranno costruiti mantenendo il piano di fondazione costantemente all'asciutto. Perciò, in caso di necessità, si collocherà sotto il piano di fondo delle celle o di fondazione dei manufatti un canaletto o tubo di drenaggio o una platea formata da file staccate di conci di calcestruzzo, così da ottenere, coll'impiego di pompe o naturalmente, l'abbassamento della falda freatica sotto il piano della discarica o di fondazione. Sopra i tubi di drenaggio si stenderà uno strato di ghiaia; sui conci si collocheranno lastre per la copertura dei relativi canaletti, e su queste uno strato di ghiaia; dopo di che si comincerà la gettata di fondazione dei manufatti. Gli scavi dovranno, di norma, essere eseguiti da valle verso monte per consentire lo smaltimento delle acque a deflusso naturale. Quando questo sia possibile, l'Appaltatore non avrà diritto ad alcun particolare compenso per aggottamenti.

Nel caso si dovesse provvedere all'aggottamento degli scavi o all'abbassamento artificiale della falda con pozzi drenanti, l'Impresa dovrà mettere a disposizione i mezzi d'opera occorrenti. La Direzione dei Lavori potrà prescrivere il numero delle pompe, le caratteristiche dimensionali, le zone di impianto, lo inizio e la cessazione del funzionamento. Qualora tuttavia l'Appaltatore non assuma i provvedimenti atti ad evitare il recapito di acque superficiali entro gli scavi, l'aggottamento sarà a totale suo carico.

Per le opere di cui trattasi, sono a carico dell'Impresa le impalcature di sostegno e le opere di riparo dei meccanismi, le prestazioni ed i materiali occorrenti all'impianto, esercizio, smontaggio - da un punto all'altro dei lavori - dei meccanismi stessi, nonché le linee di adduzione di

energia elettrica e le relative cabine. Si intendono pure già remunerati con i compensi stabiliti dall'Elenco per i noli delle pompe : il noleggio, la posa e lo sgombero dei tubi d'aspirazione e di quelli necessari all'allontamento dell'acqua aspirata dalle pompe fino allo scarico, nei limiti tuttavia di un percorso totale di 100 metri. Tali compensi saranno commisurati alle ore effettive di lavoro, con deduzione delle interruzioni, qualunque ne sia la causa; essi si intendono invariabili, anche per prestazioni in ore notturne e festive.

L'Impresa è obbligata a adoperare motori e pompe di buon rendimento, nonché ad assumere tutti i provvedimenti atti a mantenerlo tale per tutta la durata dell'impiego. Dovendo scaricare nella fognatura stradale le acque di aggotamento, si dovranno adottare gli accorgimenti atti ad evitare interramenti o ostruzione dei condotti. In ogni caso, ad immissione ultimata, l'Impresa tempestivamente provvedere, a sue cure e spese, alla pulizia dei condotti utilizzati.

Nel caso in cui fosse necessario un funzionamento continuo degli impianti di aggotamento, l'Impresa - a richiesta della Direzione dei Lavori e senza alcun particolare compenso oltre quelli stabiliti dall'Elenco Prezzi - dovrà procedere all'esecuzione delle opere con due turni giornalieri e con squadre rafforzate allo scopo di abbreviare al massimo i tempi di funzionamento degli impianti.

L'Impresa sarà inoltre tenuta responsabile di ogni eventuale danno e maggiore spesa conseguenti all'arresto degli impianti di aggotamento, nonché del rallentamento dei lavori per tal motivo.

## SEZIONE 3 - CALCESTRUZZI, CASSERI, FONDAZIONI SPECIALI

### 3.1 CASSEFORME E STRUTTURE DI SUPPORTO

#### Generalità

Le casseforme e le relative strutture di supporto devono essere **progettate** e realizzate in modo da sopportare le azioni alle quali sono sottoposte nel corso della messa in opera del calcestruzzo e da essere **abbastanza rigide** per garantire il rispetto delle dimensioni geometriche e delle tolleranze previste.

In base alla loro configurazione le casseforme possono essere classificate in:

- casseforme smontabili,
- casseforme a tunnel, idonee a realizzare contemporaneamente elementi edilizi orizzontali e verticali,
- casseforme rampanti, atte a realizzare strutture verticali mediante il loro progressivo innalzamento, ancorate al calcestruzzo precedentemente messo in opera,
- casseforme scorrevoli, predisposte per realizzare in modo continuo opere che si sviluppano in altezza o lunghezza.

NEL PRESENTE PROGETTO NON SONO AMMESSE CASSEFORMI TIPO RAMPANTI E/ O SCORREVILI, SALVO DIVERSA INDICAZIONE DELLA D.L. SENTITO IL PROGETTISTA DELLE STRUTTURE.

Per rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali, le casseforme devono essere praticamente **indeformabili** quando, nel corso della messa in opera, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo ed alla vibrazione.

Tutti i tipi di casseforme (con la sola esclusione di quelle che rimangono inglobate nell'opera finita), prima della messa in opera del calcestruzzo, richiedono il trattamento con un agente (prodotto) **disarmante**.

I prodotti disarmanti sono applicati ai manti delle casseforme per agevolare il distacco dal calcestruzzo e devono svolgere anche altre funzioni quali: la protezione della superficie delle casseforme metalliche dall'ossidazione e della corrosione, l'impermeabilizzazione dei pannelli di legno, il miglioramento della qualità della superficie del calcestruzzo, l'omogeneità di colore e l'assenza di bolle della superficie del calcestruzzo.

Sono ammesse casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato od altri materiali assorbenti, calcestruzzo compreso, che prima della messa in opera del calcestruzzo richiedono la saturazione con acqua.

Nel caso di utilizzo di casseforme metalliche si deve aver cura di eliminare ogni significativa traccia di ruggine nelle casseforme metalliche.

Nel caso in cui i ferri d'armatura non siano vincolati alle casseforme, per rispettare le tolleranze dello spessore del copriferro, si dovranno predisporre opportune **guide o riscontri** che contrastano l'effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo. Gli inserti destinati a mantenere le armature in posizione, quali distanziali, tiranti, barre o altri elementi incorporati o annegati nella sezione come placche e perni di ancoraggio, devono:

- essere fissati solidamente in modo tale che la loro posizione rimanga quella prescritta anche dopo la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo;
- non indebolire la struttura;
- non indurre effetti dannosi al calcestruzzo, agli acciai di armatura e ai tiranti di precompressione;
- non provocare macchie inaccettabili;
- non nuocere alla funzionalità o alla durabilità dell'elemento strutturale;
- non ostacolare la messa in opera e la compattazione del calcestruzzo.

Ogni elemento annegato deve avere una **rigidità tale da mantenere la sua forma durante le operazioni di messa in opera del calcestruzzo**.

L'appaltatore **comunicerà preventivamente alla direzione dei lavori il sistema e le modalità esecutive dei casseri e strutture di supporto** che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'appaltatore stesso per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nella progettazione e nella esecuzione delle armature di sostegno delle centinature e delle attrezzature di costruzione, l'appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo o di sottosuolo.

Gli eventuali **fori e/o nicchie** formate nel calcestruzzo dalle strutture di supporto dei casseri devono essere riempiti e trattati in superficie con un materiale di qualità simile a quella del calcestruzzo circostante.

#### Difetti

Nella tabella che segue sono indicati i principali difetti delle casseforme, le conseguenze e le possibili precauzioni per evitare, o almeno contenere i difetti stessi.

Difetti	Conseguenze	Precauzioni
<i>Per le casseforme</i>		
Deformabilità eccessiva	Sulle tolleranze dimensionali.	Utilizzare casseforme poco deformabili, casseforme non deformate, pannelli di spessore omogeneo.
Tenuta insufficiente	Perdita di boiaccia e/o fuoriuscita d'acqua d'impasto. Formazione di nidi di ghiaia.	Connettere correttamente le casseforme. Sigillare i giunti con materiali idonei o guarnizioni.
<i>Per i pannelli</i>		
Superficie troppo assorbente	Superficie del calcestruzzo di colore chiara ed omogenea.	Saturare le casseforme con acqua. Usare un idoneo prodotto disarmante e/o impermeabilizzante.
Superficie non assorbente	Presenza di bolle superficiali	Distribuire correttamente il disarmante. Far rifluire il calcestruzzo dal basso
Superficie ossidata	Tracce di macchie e di ruggine.	Pulire accuratamente le casseforme metalliche. Utilizzare un prodotto disarmante anticorrosivo.
<i>Per i prodotti disarmanti</i>		
Distribuzione in eccesso	Macchie sul calcestruzzo. Presenza di bolle d'aria.	Utilizzare un sistema idoneo a distribuire in modo omogeneo un film sottile di disarmante. Pulire accuratamente le casseforme dai residui dei precedenti impieghi.
Distribuzione insufficiente	Disomogeneità nel distacco	Curare l'applicazione e l'applicazione del prodotto disarmante.

#### Principali caratteristiche delle casseforme

Le casseforme, in relazione al tipo di impiego, potranno essere costruite con tavole di legno, oppure con pannelli di compensato e tamburato, oppure con lastre nervate metalliche, la cui superficie potrà essere trattata con idonei prodotti disarmanti per agevolare il distacco del calcestruzzo.

**L'impiego di detti prodotti dovrà essere attuato con cautela, secondo le prescrizioni del Produttore, previo benestare della Direzione di Lavori.**

Le casseforme dovranno essere a tenuta (sufficientemente stagne) affinché il costipamento del calcestruzzo, in esse contenuto, non provochi la perdita di quantità consistenti di materiali (acqua, boiaccia, ecc.).

Le casseforme dovranno essere rigide, opportunamente rinforzate e non presentare deformazione alcuna sotto l'azione del carico di calcestruzzo fresco in esse contenuto e sotto l'azione delle operazioni di vibratura e battitura del conglomerato.

Nel caso di casseforme con grande sviluppo in altezze, si dovrà provvedere all'apertura di finestre nel cassero per controllare l'evolversi del getto e procedere alla vibratura ed al corretto costipamento degli strati inferiori.

Per elementi portanti orizzontali di luce libera superiore a 6 metri, i casseri dovranno essere predisposti con una monta almeno pari ad 1/1000 della luce.

La manutenzione dei casseri dovrà essere eseguita con cura, selezionando le parti integre da quelle ammalorate.

I casseri in legno per strutture, parti importanti e a faccia vista, non potranno essere reimpiegati più di tre volte; negli altri casi potranno essere consentiti reimpieghi più numerosi purché il risultato del getto non presenti evidenti difetti estetici e di forma.

Prima della esecuzione dei getti, i casseri verranno ispezionati e controllati dalla Direzione dei Lavori al fine di verificarne:

- la corrispondenza tra esecuzione e progetto;
- l'indeformabilità e resistenza al carico del calcestruzzo;
- l'idoneità dei materiali impiegati;
- la sicurezza di accesso e di lavoro per le maestranze.

Per quanto riguarda le casseforme se viene prescritto l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati, in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ad essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle opere e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto.

Nel caso di eventuale utilizzo di **casseforme in legno**, si dovrà curare che le stesse siano eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti conformi alla norma UNI 8866. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Nel caso di cassetteria a perdere, inglobata nell'opera, occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

**Prima del getto le casseforme dovranno essere pulite** per l'eliminazione di qualsiasi traccia di materiale che possa compromettere l'estetica del manufatto quali polvere, terriccio etc. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui, su tutte le casseforme di una stessa opera dovrà essere usato lo stesso prodotto.

Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà essere contemporanea al getto.

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere interruttrive, sicurvità, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc..

Progetto delle delle strutture di supporto e dei casseri

Il **progetto delle strutture di supporto** sarà a cura e spese dell'appaltatore e deve prendere in considerazione l'effetto combinato:

- ✓ del peso proprio delle casseforme, dei ferri d'armatura e del calcestruzzo;
- ✓ della pressione esercitata sulle casseforme dal calcestruzzo in relazione ai suoi gradi di consistenza;
- ✓ delle sollecitazioni esercitate dal personale, dai materiali, dalle attrezzature, ecc., compresi gli effetti statici e dinamici provocati dalla messa in opera del calcestruzzo, dai suoi eventuali accumuli in fase di getto e dalla sua compattazione;
- ✓ dei possibili sovraccarichi dovuti al vento ed alla neve.

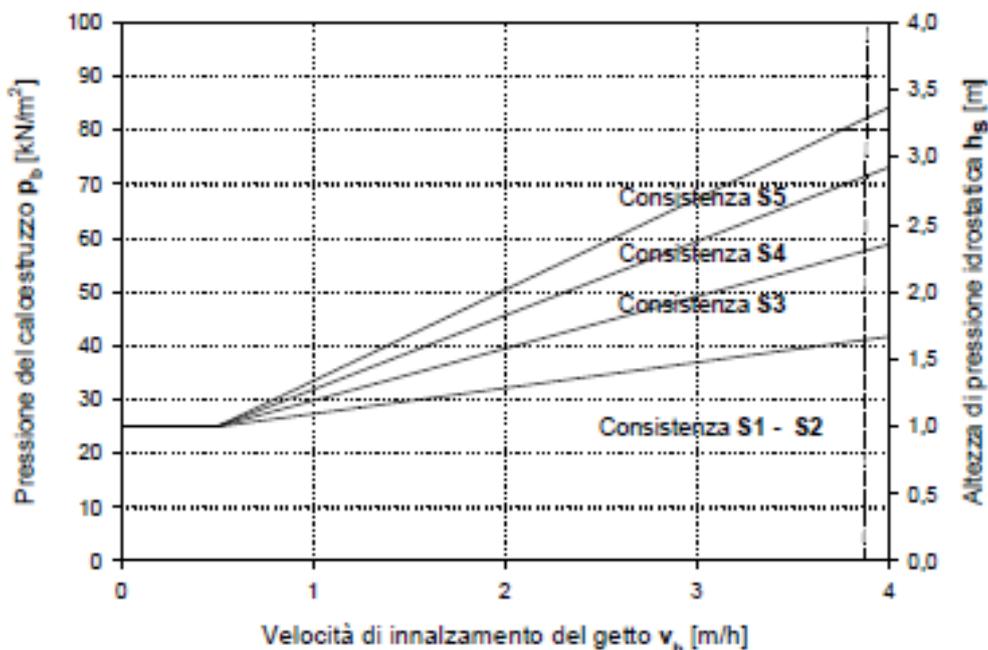
Salvo che per specifiche previsioni progettuali, alle casseforme non devono essere connessi carichi e/o azioni dinamiche dovute a fattori esterni quali, ad esempio, le tubazioni delle pompe per calcestruzzo. La deformazione totale delle casseforme, la somma di quelle relative ai pannelli e alle strutture di supporto, non deve superare le tolleranze geometriche previste per il getto, come opportunamente predisposto nel presente capitolato.

In ogni caso l'appaltatore dovrà predisporre un **documento** in cui raccogliere le indicazioni necessarie al montaggio ed allo smontaggio delle strutture di supporto, alla loro movimentazione e regolazione, nonché le informazioni circa il comportamento sotto carico ed i carichi massimi sopportabili.

Lo **studio progettuale delle strutture di supporto deve anche riguardare la deformazione del calcestruzzo non ancora completamente indurito** e le possibili fessurazioni, considerando l'effetto della spinta verticale ed orizzontale del calcestruzzo durante la messa in opera e, nel caso in cui la struttura di supporto poggi, anche parzialmente, al suolo, anche i provvedimenti necessari per compensare gli eventuali assestamenti.

Le sollecitazioni verticali in tale progettazione da considerare sono provocate da carichi statici e mobili. I carichi statici minimi da considerare: il peso delle casseforme, delle armature metalliche e del calcestruzzo mentre i carichi mobili (verticali) sono provocati dal transito degli operatori, delle attrezzature, dei materiali, dei loro eventuali accumuli, ed eventuali attrezzature di cantiere.

La pressione laterale è esercitata sulle casseforme dal calcestruzzo fresco. Le **casseforme devono essere progettate in modo da sopportare la pressione idrostatica** espressa come rapporto tra massa volumica del calcestruzzo fresco ed altezza del calcestruzzo allo stato fresco o plastico misurato a partire dalla sommità del getto. A seguito del progressivo indurimento del calcestruzzo, la pressione laterale si riduce gradatamente nel tempo e di questo si può tener conto nel progetto delle casseforme di pareti e colonne. A titolo esemplificativo illustrato come si possa stimare la pressione del calcestruzzo fresco  $P_b$  e la corrispettiva altezza di pressione idrostatica  $h_s$  in funzione della velocità di innalzamento del getto e della consistenza del calcestruzzo ( valutato per peso unitario del calcestruzzo = 25 kN/mc, tempo di fine presa inferiore a 5 ore, temperatura del calcestruzzo 15 ( $\pm 1$ ) °C). Occorre valutare tuttavia a parte sempre le temperature esterne del getto e le conseguenze per via dell'utilizzo di additivi ritardanti ( questi ultimi solitamente maggiorano la spinta).



Disarmo

Il disarmo comprende le fasi che riguardano la rimozione delle casseforme e delle strutture di supporto; queste non possono essere rimosse prima che il calcestruzzo abbia raggiunto la resistenza sufficiente a:

- sopportare le azioni applicate;
- evitare che le deformazioni superino le tolleranze specificate
- resistere ai deterioramenti di superficie dovuti al disarmo.

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti.

I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.

La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio. La procedura di puntellatura e di rimozione dei puntelli è bene sia oggetto di un'apposita nota progettuale (da parte della Direzione Lavori, sentito il progettista strutturale) in cui dovrà essere specificato come procedere al fine di ridurre ogni rischio per l'incolumità di persone e cose ed ottenere le prestazioni attese. Tali procedure, se derogate dal D.L., possono essere intraprese direttamente dall'appaltatore, previa approvazione ed accettazione scritta da parte della D.L..

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza indicata dal progettista e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della Legge n° 1086/71; in ogni caso il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la Direzione Lavori.

Si deve porre attenzione ai periodi freddi, quando le condizioni climatiche rallentano lo sviluppo delle resistenze del calcestruzzo, come pure al disarmo ed alla rimozione delle strutture di sostegno delle solette e delle travi. In caso di dubbio, è opportuno verificare precedentemente la resistenza meccanica reale del calcestruzzo.

Il disarmo verrà effettuato per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche sui vari elementi strutturali.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme e secondo le prescrizioni riportate nelle schede tecniche.

Esso non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore ritenuto necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive: ogni decisione in proposito è lasciata al giudizio del Direttore dei Lavori, sentito il parere del Progettista delle Strutture.

Si ribadisce che si potrà procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando saranno state raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito all'interno delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008): in normali condizioni esecutive ed ambientali di getto e maturazione ( assenza di additivi e temperature ordinarie), si potranno osservare eventualmente, ad insindacabile giudizio della DL e progettista delle strutture i seguenti tempi minimi di disarmo.

<b>CONGLOMERATO DI CEMENTO</b>			
	<b>Normale</b>	<b>*</b>	<b>Ad Alta Resist.</b>
Per sponde di casseri di travi e casseri pilastri	<b>5 gg</b>	*	2 gg
Per casseri solai di luce modesta (<6m)	<b>10 gg</b>	*	4 gg
Per puntelli e centine di travi, archi, volte, ecc. e per casseri di solai di grande luce	<b>24 gg</b>	*	12 gg
Per casseri e puntelli di strutture a sbalzo	<b>28 gg</b>	*	14 gg

Per le strutture portanti in conglomerato non armato, si dovranno osservare i tempi di disarmo previsti per le travi.

Per le strutture particolarmente complesse, i tempi di disarmo verranno stabiliti in accordo con il progettista delle strutture stesse e con la Direzione dei Lavori.

Le eventuali irregolarità o sbavature, qualora ritenute tollerabili, dovranno essere asportate mediante scarifica meccanica o manuale ed i punti difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo, previa bagnatura a rifiuto delle superfici interessate.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 0.5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento.

#### Classificazione delle casseforme in base al grado di finitura della superficie a vista del calcestruzzo

Le casseforme, in relazione al loro grado di finitura conseguente all'aspetto estetico delle superfici dei getti che si desiderano ottenere, possono essere delle seguenti quattro classi:

- A. (speciale);
- B. (accurata);
- C. (ordinaria);
- D. (grossolana).

Se non diversamente a particolarmente disposto, le casseforme dovranno essere corrispondenti almeno alla **classe B**.

Qualora il calcestruzzo fosse del tipo faccia a vista le casseforme dovranno essere corrispondenti alla classe A.

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito. Solo se è previsto in appalto apposite matrici potranno essere adottate se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo.

Indipendentemente dalla classe i disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio.

Qualora si realizzino conglomerati cementizi colorati o con cemento bianco, l'uso dei disarmanti sarà subordinato a prove preliminari atte a dimostrare che il prodotto usato non alteri il colore.

Le riprese di getto saranno delle linee rette e, qualora richiesto dalla D.L., saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore inferiore ai 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

La superficie interna delle casseforme rappresenta il negativo dell'opera da realizzare, tutti i suoi pregi e difetti si ritrovano sulla superficie del getto. Generalmente una cassaforma è ottenuta mediante l'accostamento di pannelli, se tale operazione non è eseguita correttamente e/o non sono predisposti i giunti a tenuta, la fase liquida del calcestruzzo, o boiaccia, fuoriesce provocando difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione, nonché nidi di ghiaia.

La tenuta delle casseforme deve essere curata in modo particolare nelle strutture con superfici di calcestruzzo a vista, può essere migliorata utilizzando giunti preformati riutilizzabili o con mastice e con guarnizioni monouso.

Alla difficoltà di ottenere connessioni perfette si può porre rimedio facendo in modo che le giunture siano in corrispondenza di modanature o di altri punti d'arresto del getto.

## 3.2 ARMATURE DI ACCIAIO ORDINARIO

### **Principale normativa di riferimento**

- ✓ Legge 5.11.1971, n. 1086;
- ✓ Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- ✓ Legge 2.2.1974, n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- ✓ D.M. 2008 Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008 Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008);
- ✓ Circolare sulle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- ✓ Eurocodici serie 3 e serie 9.

### **Acciaio: definizioni**

L'acciaio per uso strutturali deve essere **qualificato** secondo le procedure riportate nelle "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche" di cui alla normativa riportata al punto precedente con particolare riguardo al DM 2008 e relativa circolare.

L'acciaio per calcestruzzo armato, normalmente è fornito sotto forma di:

- barre
- rotoli
- reti e tralici elettrosaldati.

È ammesso esclusivamente l'impiego di **acciai saldabili qualificati e controllati**.

Tutte le forniture degli acciai devono essere accompagnate dalla "**dichiarazione di conformità**" con **obbligo della Marcatura CE** (norma UNI EN 1090-1 *Esecuzione di strutture in acciaio e in alluminio / requisiti per la verifica di conformità dei componenti* strutturali, secondo REG. 305/2011/UE). Tali prodotti devono essere stati caratterizzati attraverso l'effettuazione delle prove iniziali di tipo (ITT), e dopo aver implementato il controllo della produzione in fabbrica (FPC- Factory Production Control) mediante l'intervento di un Organismo Notificato autorizzato.

La Marcatura CE apposta, dovrà poi indicare la conformità all'uso previsto così come specificato nelle varie opzioni della norma stessa.

Si definiscono:

- **Lotti di produzione:** produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.
- **Forniture:** lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.
- **Lotti di spedizione:** lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.
- **Stabilimento:** una unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito.
- **Centro di trasformazione:** impianto esterno alla fabbrica (produttore) e/o al cantiere con determinati requisiti normativi, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.
- **tralici:** componenti reticolari composti con barre ed assemblati mediante saldature.

È ammesso l'impiego di **acciai inossidabili di natura austenitica o austeno-ferritica** per c.a., purché le caratteristiche meccaniche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai di cui all'attuale quadro normativo tecnico di riferimento, sempre che la tensione di rottura garantita sia valutata con 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 e s.m.i. ed effettuate secondo gli specifici procedimenti di saldatura, da utilizzare in cantiere o in officina, previsti dal produttore. Per tali acciai la qualificazione è ammessa anche nel caso di produzione non continua, permanendo tutte le altre regole relative alla qualificazione.

È ammesso l'uso di **acciai zincati** purché le caratteristiche fisiche, meccaniche e tecnologiche siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali. I controlli e, di conseguenza, la relativa verifica delle caratteristiche sopra indicate deve essere effettuata sul prodotto finito, dopo il procedimento di zincatura.

### **Generalità di impiego, messa in opera degli acciai da c.a. protezione.**

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

Essi dovranno essere muniti di **apposita documentazione di accompagnamento delle forniture**. È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

Il tondo per cemento armato (in barre o assemblato in reti e tralici) deve essere **esente da difetti** tali da pregiudicare l'impiego: screpolature, scaglie, bruciate, ossidazione accentuata, ricopertura da sostanze che possano ridurne l'aderenza al conglomerato, ecc. Per le condizioni tecniche generali di fornitura si applicano le norme UNI EU 21 e s.m.i..

La superficie delle armature ordinaria deve essere **esente da ruggine e da sostanze che possono deteriorare le proprietà dell'acciaio** o del calcestruzzo o l'aderenza fra loro. Per evitare i possibili danni indotti dall'ossidazione dei ferri ordinari d'armatura da c.a., a cura e spese

della ditta appaltatrice, possono essere utilizzate barre d'armatura in acciaio inossidabile, barre protette con zincatura (galvanizzate) o ricoperte con uno strato di vernice protettiva. E' opportuno che i trattamenti di zincatura e protezione mediante verniciatura siano applicati sulle barre (ed eventuali inserti) già piegate e preferibilmente assemblate. Va posta particolare attenzione e cura alla movimentazione delle armature trattate poiché eventuali scalfitture del trattamento comprometterebbero l'effetto protettivo.

E' vietato mettere in opera armature ossidate, corrose o recanti difetti, o ricoperte da sostanze che possano ridurne l'aderenza al conglomerato.

Il **taglio e la curvatura dei ferri** d'armatura da c.a. devono essere effettuati secondo le prescrizioni normative tecniche di settore. E' sempre comunque opportuno che:

- la curvatura sia effettuata con progressione regolare;
- la curvatura a temperatura inferiore a 5°C sia autorizzata dalla Direzione Lavori, che fisserà le eventuali precauzioni;
- sia evitato il riscaldamento delle barre per facilitarne la curvatura (deformata a freddo).

Le barre piegate devono presentare, nelle piegature, un raccordo circolare di raggio adeguato al diametro, i diametri dei mandrini di curvatura devono essere adattati al tipo d'armatura, e non devono essere inferiori ai valori indicati dalla normativa di settore.

I dispositivi di raccordo e di ancoraggio devono essere conformi alle norme vigenti.

E' ammesso in cantiere acciaio per cemento armato 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 (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare **elementi composti** direttamente utilizzabili in opera.

La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti normativi.

Le barre sono caratterizzate dal diametro equivalente della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm<sup>3</sup>. **Non sono ammessi in cantiere acciai B450A di diametro equivalente superiore ai 10mm.**

**L'uso di acciai forniti in rotoli** è ammesso, senza limitazioni, per acciai tipo B450A, mentre non è ammesso per acciaio tipo B450C se di diametro equivalente superiore ai 16mm.

Nel caso di maltempo, di esposizione ad agenti aggressivi, ecc. a cura e spese dell'appaltatore **le armature dovranno essere adeguatamente protette** con teli impermeabili o con gli accorgimenti prescritti dalla Direzione dei Lavori.

La sagomatura, il diametro, la lunghezza, ecc., dovranno corrispondere esattamente ai disegni ed alle prescrizioni del progetto. Le giunzioni e gli ancoraggi delle barre dovranno essere eseguiti in conformità al progetto ed alla normativa vigente. Le staffe dovranno essere sempre chiuse e ben ancorate alle barre longitudinali. Laddove prescritto le barre dovranno essere collegate solidamente fra loro in modo da garantire la continuità elettrica e da permettere il loro collegamento alla rete generale di messa a terra.

La ditta appaltatrice è tenuta a ricontrollare la geometria di dettaglio delle armature, prima ancora della richiesta di fornitura in stabilimento o d al centro di trasformazione. **Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento su armature già lavorate e confezionate nel centro di trasformazione.**

**Se lavorazione dell'acciaio proveniente dallo stabilimento avviene direttamente in cantiere, prima della loro lavorazione (taglio, piegatura e sagomatura) e del loro montaggio, le armature dovranno essere ispezionate ed accettate dalla Direzione dei Lavori.**

Per garantire la corretta ricopertura delle armature con il calcestruzzo (copriferro), dovranno essere posti in opera **opportuni distanziatori** di materiale plastico, agenti tra le barre e le pareti dei casseri. In alternativa è auspicabile utilizzare adeguati calibri o spessori per individuarne il copriferro. I distanziali in acciaio, a contatto con la superficie esterna, del calcestruzzo sono ammessi solamente in classe di esposizione XO (UNI EN 206-1), (ambiente secco e riparato). Tale restrizione non si applica ai distanziali in acciaio inossidabile idoneo alle specifiche condizioni di esposizione. Si ricorda che il **copriferro** è la distanza tra le superfici dell'armatura metallica più esterna comprensiva di legature e la superficie esterna più prossima del calcestruzzo. Il copriferro nominale è specificato nei disegni.

Le **giunzioni** devono essere eseguite nel massimo rispetto delle prescrizioni progettuali ed indicazioni della DL. In fase esecutiva è sempre comunque opportuno rammentare che le giunzioni possono essere effettuate mediante:

- saldature eseguite in conformità alle norme vigenti, previo accertamento della saldabilità dell'acciaio in uso e della sua compatibilità con il metallo d'apporto, nelle posizioni o condizioni operative compatibili con il progetto esecutivo;
- manicotto filettato;
- sovrapposizione calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra: in ogni caso la lunghezza di sovrapposizione in retto deve essere non minore di 20 volte il diametro e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compressa. La distanza mutua (intraferro) nella sovrapposizione non deve superare 6 volte il diametro.

Le saldature non devono essere eseguite in una parte curva o in prossimità di una curva dell'armatura. La saldatura per punti è ammessa solo per l'assemblaggio delle armature. Non è permessa la saldatura delle armature di acciaio galvanizzato.

### **Tondino acciaio da c.a. ( barre e rotoli)**

L'acciaio per cemento armato sarà del tipo **B450C**

Per l'accertamento delle proprietà meccaniche dell'acciaio da c.a. vale quanto indicato nella norma UNI EN ISO 15630-1: 2004 e s.m.i.. In particolare sono richieste:

- per acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche sono determinate su provette mantenute per 60 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 fy con f(0,2);

la prova di piegamento e raddrizzamento si esegue alla temperatura di 20 ± 5 °C piegando la provetta a 90°, mantenendola poi per 60 minuti a 100 ± 10 °C e procedendo, dopo raffreddamento in aria, al parziale raddrizzamento per almeno 20°.

### **Reti e tralicci elettrosaldati da c.a.**

L'acciaio per cemento armato per tale tipologia sarà del tipo B450A oppure tipo B450C, scelto secondo le indicazioni progettuali.

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere sempre saldabili.

L'interasse delle barre delle reti non deve superare 330 mm.

Per le reti ed i tralicci valgono le prescrizioni di cui al **11.3.2.5 del dm 14/01/2008**.

Sarà cura della ditta appaltatrice garantire la **resistenza al distacco della saldatura del nodo**, controllandone e producendo la certificazione dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione normative; la posa in opera è ammessa solo dopo che il Direttore dei Lavori abbia vistato la relativa certificazione.

Non sono ammessi elementi di rete o traliccio in cui le singole armature componenti abbiano diverse caratteristiche. Nel caso dei tralicci è ammesso l'uso di staffe aventi superficie liscia perché realizzate con acciaio B450A oppure B450C saldabili.

Ogni pannello o traliccio deve essere dotato di apposita **marchiatura** che identifichi il produttore della rete o del traliccio stesso.

La marchiatura 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 marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo annegamento nel calcestruzzo. Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore; in questo caso il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere verifica la presenza della predetta etichettatura.

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, ovvero in stabilimenti del medesimo produttore, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con la marchiatura dell'elemento base, alla quale può essere aggiunto un segno di riconoscimento di ogni singolo stabilimento.

### **Tolleranze dimensionali sulla massa ammissibili**

Sono ammesse esclusivamente le seguenti tolleranze in termini di massa nominale.

Diametro nominale, (mm)	$5 \leq \Phi \leq 8$	$8 < \Phi \leq 40$
Tolleranza in % sulla sezione ammessa per l'impiego	$\pm 6$	$\pm 4,5$

### **Controlli sulle barre di armatura ordinarie ( barre e rotoli)**

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- **identificati** univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- **qualificati** sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- **accettati dal Direttore dei lavori** mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Si prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione, se previsti, da eseguirsi sulle forniture;
- di accettazione in cantiere, da eseguirsi sui lotti di spedizione.

Il prelievo dei campioni e metodi di prova saranno effettuati conformemente alla norma UNI 6407-69 e s.m.i..

#### *Controlli in stabilimento di produzione*

Tutti gli acciai, 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 permanente di controllo interno della produzione in stabilimento** che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione. Non sono ammessi acciai che non rispettano tale modalità.

Fatto salvo quanto disposto dalle norme europee armonizzate, ove applicabili, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la **norma UNI EN ISO 9001:2000** e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006. (riferimento alle UNI EN 10080:2005, della serie UNI EN 10025:2005, UNI EN 10210:2006 e UNI EN 10219:2006).

Il produttore o il suo rappresentante autorizzato è **responsabile dell'applicazione della marcatura CE**. Il simbolo di marcatura CE da applicare deve essere conforme alla Direttiva 93/68/CE e s.m.i. e deve figurare sull'etichetta, sull'imballaggio o sui documenti commerciali d'accompagnamento (per esempio una bolla di consegna).

Sull'etichettatura deve essere esplicitamente indicato almeno:

- numero d'identificazione dell'ente di certificazione dell'FPC;
- nome o marchio identificativo e indirizzo registrato del produttore;
- le ultime due cifre dell'anno d'applicazione della marcatura;
- numero del certificato del controllo della produzione di fabbrica;
- riferimento della norma europea (EN 1090-1:2009+A1:2011);
- descrizione del prodotto: nome generico, materiale, dimensioni e impiego previsto;
- informazioni sulle caratteristiche essenziali rilevanti elencate nei prospetti ZA.1;
- "Nessuna prestazione determinata" per caratteristiche ove ciò sia rilevante;
- la Classe d'Esecuzione (EXC) in conformità alle norme UNI EN 1090-2 e UNI EN 1090-3;
- riferimenti alle specifiche dei componenti.

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

Ogni prodotto deve essere marchiato 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 marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Nel caso d'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 marchiatura 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. Permane comunque **l'obbligatorietà del marchio di laminazione** per quanto riguarda barre e rotoli.

Comunque, per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a **marchiare ogni singolo pezzo**. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marchiatura deve essere tale che prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.) il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo d'acciaio nonché al lotto di produzione e alla data di produzione. Tenendo presente che l'elemento determinante della marchiatura è costituito dalla sua inalterabilità nel tempo e, dalla impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marchiatura dichiarate nella documentazione presentata al Servizio Tecnico Centrale. La mancata marchiatura, 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 marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti d'accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Nel primo 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, quale risulta dai documenti d'accompagnamento del materiale.

I produttori ed i successivi intermediari devono assicurare una corretta archiviazione della **documentazione d'accompagnamento** dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, il costruttore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

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 delle presenti Norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Il fabbricante deve documentare il **sistema FPC** a garanzia che i prodotti immessi sul mercato siano conformi alle caratteristiche prestazionali dichiarate.

Lo stabilimento deve aver svolto **prove di qualificazione e di verifica periodica**, ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti. I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marchiatura differenziata. Sulle prove di qualificazione devono essere indicati i valori delle tensioni di snervamento e rottura  $f_y$  e  $f_t$  allungamento Agt ed effettuate le prove di piegamento. Le verifiche della qualità devono riguardare controlli saltuari con intervalli non superiori a tre mesi, su barre di uno stesso diametro provenienti da una stessa colata; vanno determinati gli esiti delle prove di resistenza e di duttilità.

#### *Controlli dei centri di trasformazione*

Il Centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine dal produttore. Non sono ammessi successivamente i cantieri acciai non qualificati dal produttore.

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

Il trasformatore deve essere **dotato 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 originari previste dall'attuale quadro normativo.

Il **sistema di gestione della qualità del prodotto**, che sovrintende al processo di trasformazione, deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001:2000 e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006.

I centri di trasformazione sono identificati, come "luogo di lavorazione" e, come tali, sono tenuti ad effettuare una serie di controlli atti a garantire la permanenza delle caratteristiche, sia meccaniche che geometriche, del materiale originario. I controlli devono essere effettuati secondo le disposizioni normative per ciascuna tipologia di acciaio lavorato.

Nell'ambito del processo produttivo deve essere posta particolare attenzione ai processi di piegatura e di saldatura. In particolare il Direttore Tecnico del centro di trasformazione deve verificare, tramite opportune prove, che le piegature e le saldature, anche nel caso di quelle non resistenti, non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto.

Per i processi sia di saldatura che di piegatura, si potrà fare utile riferimento alla normativa europea applicabile.

Per quanto sopra, è fatto obbligo a tali centri di nominare un **Direttore Tecnico dello stabilimento** che opererà secondo il disposto dell'art. 64, comma 3, del DPR 380/01.

I centri di trasformazione sono tenuti a dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività, indicando l'organizzazione, i procedimenti di lavorazione, le massime dimensioni degli elementi base utilizzati, nonché fornire copia della certificazione del sistema di gestione della qualità che sovrintende al processo di trasformazione.

Ogni centro di trasformazione deve avere un proprio logo o marchio che identifichi in modo inequivocabile il centro stesso.

I controlli del centro di trasformazione sono obbligatori e devono riguardare (in ogni caso almeno un controllo per ogni giorno di lavorazione):

- a) barre- su ciascuna fornitura o comunque ogni 90 t;
- b) rotoli- ogni dieci rotoli impiegati.

I controlli devono consistere in prove di trazione e piegamento e devono essere eseguiti dopo il raddrizzamento.

Tutte le prove devono essere eseguite dopo le lavorazioni e le piegature atte a dare ad esse le forme volute per il particolare tipo di impiego previsto. Il Direttore tecnico di stabilimento curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

#### Controlli in cantiere

I **controlli di accettazione in cantiere** sono obbligatori, e saranno effettuati **entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale** e devono essere campionati **nell'ambito di ciascun lotto di spedizione e di ogni singolo stabilimento** (come indicato sul marchio e relativa documentazione di accompagnamento), con le seguenti modalità:

- ✓ si sceglieranno 3 spezzoni marchiati e dello stesso diametro in ragione di tutti i diametri utilizzati in cantiere e secondo le indicazioni del DL;
- ✓ salvo diversamente ed espressamente indicato nel computo, sarà cura del Committente nominare il laboratorio incaricato (qualificato) di effettuare il prelievo e successive prove sui suddetti saggi;
- ✓ il prelievo dei campioni va effettuato alla presenza del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia (direttore operativo e/o ispettore di cantiere) che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.
- ✓ gli esiti delle prove saranno determinati a cura del laboratorio incaricato, che indicherà almeno i valori delle tensioni di snervamento e rottura  $f_y$  e  $f_t$ , l'allungamento  $A_{gt}$  oltre che gli esiti delle prove di piegamento.

Le domande di prove ai laboratori ufficiali dovranno essere sottoscritte dal Direttore dei Lavori e contengono indicazioni sulla fornitura di appartenenza.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione vanno accertati in accordo con il punto 11.3.2.3 del D.M. 14/01/2008 (che riguarda l'applicazione della norma UNI EN ISO 15630-1: 2004 e s.m.i.). Tali valori devono essere noti sempre e comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, e per poter essere accettati devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

**Tabella 11.3.VI – Valori di accettazione**

Caratteristica	Valore limite	NOTE
$f_t$ minimo	425 N/mm <sup>2</sup>	(450 – 25) N/mm <sup>2</sup>
$f_y$ massimo	572 N/mm <sup>2</sup>	[450 x (1,25+0,02)] N/mm <sup>2</sup>
$A_{gt}$ minimo	≥ 6,0%	per acciai B450C
$A_{gt}$ minimo	≥ 2,0%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

Non sono ammesse prove in cantiere.

Se un risultato è minore del valore, 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, a spese dell'appaltatore, occorrerà prelevare e saggiare un ulteriore (singolo) provino. Se i tre risultati validi della prova sono maggiori o uguali del prescritto valore di accettazione, il lotto consegnato deve essere considerato conforme.

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, a spese dell'appaltatore, 10 ulteriori provini devono essere prelevati e saggiati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio incaricato. 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 tabella. In caso contrario il lotto deve essere respinto e il risultato segnalato al Servizio Tecnico Centrale.

I **certificati emessi dai laboratori** devono obbligatoriamente contenere almeno:

- l'identificazione del laboratorio che rilascia il certificato;
- un'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 delle grandezze misurate e l'esito delle prove di piegamento;
- l'indicazione del marchio identificativo rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove.

Ove i campioni fossero sprovvisti 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 delle attuali norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Il Direttore dei Lavori prima della messa in opera, verifica quanto sopra indicato e rifiuta le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

Tutti i **prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore** devono essere accompagnati da idonea documentazione, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore deve essere accompagnata:

1. da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
2. dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.

Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il Direttore dei Lavori verifica quanto sopra indicato e rifiuta le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione.

Tale documentazione di cui sopra dovrà essere prodotta su semplice richiesta anche al collaudatore, che riporterà, nel Certificato di collaudo, gli estremi nel centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

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

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di accettazione. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere 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 legale e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Il controllo in cantiere è obbligatorio sia per acciai non controllati in stabilimento sia per acciai controllati.

Le armature devono essere messe in opera secondo le posizioni, le prescrizioni e le indicazioni dei disegni e documenti progettuali.

Devono inoltre essere rispettate:

- le tolleranze di posizionamento definite nella documentazione progettuale;
- lo spessore del copriferro specificato negli stessi elaborati.

### **Controlli sulle reti e tralci elettrosaldati di armatura ordinarie**

#### *Controlli in stabilimento di produzione*

Vale quanto riportato ai controlli su barre e rotoli, e con riferimento a quanto desumibile al punto 11.3.2.11.1 del D.M. 14/01/2008 inerente i controlli sistematici.

#### *Controlli in centri di trasformazione*

Vale quanto riportato ai controlli su barre e rotoli.

#### *Controlli in cantiere*

I controlli sono obbligatori e devono essere effettuati su tre saggi ricavati da tre diversi pannelli, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione. Qualora uno dei campioni sottoposti a prove di accettazione non soddisfi i requisiti previsti nelle norme tecniche relativamente ai valori di snervamento, resistenza a trazione del filo, allungamento, rottura e resistenza al distacco, il prelievo e la prova, a spese dell'appaltatore, 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 il prelievo di nuovi saggi, a spese dell'appaltatore, secondo la procedura di cui al § 11.3.2.11.4 del D.M. 14/01/2008.

## **3.3 CALCESTRUZZI**

### **GENERALITA' E CONTROLLO DEL CLS IN OPERA**

Il calcestruzzo è caratterizzato almeno dalla classe di resistenza, dalla classe di consistenza e dal diametro massimo dell'aggregato, di cui agli allegati progettuali. La classe di resistenza è contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cubica  $R_{ck}$  e/o cilindrica  $f_{ck}$  a compressione uniassiale, misurate su provini normalizzati e cioè rispettivamente su cilindri di diametro 150 mm e di altezza 300 mm e su cubi di spigolo 150 mm. Al fine delle verifiche sperimentali i provini prismatici di base 150 x 150 mm e di altezza 300 mm sono equiparati ai cilindri di cui sopra.

Al fine di ottenere le prestazioni richieste, valgono le indicazioni in merito alla composizione della miscela, compresi gli eventuali additivi, ai processi di maturazione ed alle procedure di posa in opera, facendo utile riferimento alla **norma UNI ENV 13670-1:2001** ed alle **Linee Guida** per la "messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, norme **UNI EN 206-1: 2006**.

La resistenza caratteristica a compressione è definita come la resistenza per la quale si ha il 5% di probabilità di trovare valori inferiori. La resistenza caratteristica è dedotta da prove su provini come sopra descritti, confezionati e stagionati come specificato al § 11.2.4 del D.M. 14/01/2008, eseguite a 28 giorni di maturazione. Si dovrà tener conto degli effetti prodotti da eventuali processi accelerati di maturazione. In tal caso potranno essere indicati altri tempi di maturazione a cui riferire le misure di resistenza ed il corrispondente valore caratteristico.

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 con medesime procedure.

Nel cantiere in esame non è ammesso l'utilizzo di calcestruzzi proiettati.

Il controllo sul cls. si articola nelle seguenti fasi:

- valutazione preliminare della resistenza, prima dell'inizio della costruzione delle opere;
- controllo di produzione, durante la produzione del calcestruzzo stesso;
- controllo di accettazione, da eseguire sul calcestruzzo prodotto durante l'esecuzione dell'opera, con prelievo effettuato contestualmente al getto dei relativi elementi strutturali;
- prove complementari: se necessarie, a complemento delle prove di accettazione.

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, sono ammesse solo se eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

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

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

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 e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo 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 12390-1:2002** e **UNI EN 12390-2:2002**.

Circa il procedimento da seguire per la determinazione della resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo vale quanto indicato nelle norme **UNI EN 12390-3:2003** e **UNI EN 12390-4:2002**.

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

Dopo la miscelazione il calcestruzzo è trasportato a piè d'opera, gettato nelle casseforme, compattato e sottoposto a finitura. Particolare cura andrà posta alla lavorabilità dell'impasto, con particolare riguardo quindi alla consistenza (facilità con cui il calcestruzzo può essere fatto scorrere) e coesione (stabilità dell'impasto nei riguardi della segregazione e dell'essudamento).

La consistenza dell'impasto deve essere tale da permettere il trasporto e la messa in opera del calcestruzzo con sufficiente facilità, senza che si verifichino fenomeni di segregazione. La classe di consistenza ottimale si valuta nel rispetto delle seguenti norme:

- Prove sul calcestruzzo fresco - cedimento al cono (UNI EN 12350-2)
- Prove sul calcestruzzo fresco - spandimento (UNI EN 12350-3)
- Prove sul calcestruzzo fresco - compattabilità (UNI EN 12350-4)
- Prove sul calcestruzzo fresco - tempo d'asestamento (UNI EN 12350-5).

Il **cls. preconfezionato**, relativo trasporto e controllo del calcestruzzo si dovrà applicare la norma UNI 7163 - Calcestruzzo preconfezionato.

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

Gli impianti per la produzione con processo industrializzato del calcestruzzo 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 mantenere la qualità del prodotto.

Gli impianti devono dotarsi di un sistema permanente di controllo interno della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto risponda ai requisiti previsti dalle presenti norme e che tale rispondenza sia costantemente mantenuta fino all'impiego.

Il sistema di controllo della produzione di calcestruzzo confezionato con processo industrializzato in impianti di un fornitore, predisposto in coerenza con la norma **UNI EN ISO 9001:2000**, deve fare riferimento alle specifiche indicazioni contenute nelle **Linee guida sul calcestruzzo preconfezionato** elaborato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Detto sistema di controllo deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma **UNI CEI EN ISO/IEC 17021:2006** e s.m.i.,

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

Il Direttore dei Lavori, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture provenienti da impianti non conformi; dovrà comunque effettuare le prove di accettazione previste al § 11.2.5 del D.M. 14/01/2008 e ricevere, prima dell'inizio della fornitura, copia della certificazione del controllo di processo produttivo.

Per produzioni di calcestruzzo inferiori a 1500 mc di miscela omogenea, effettuate direttamente in cantiere, mediante processi di produzione temporanei e non industrializzati, la stessa deve essere confezionata sotto la diretta responsabilità del costruttore. Il Direttore dei Lavori deve avere, prima dell'inizio delle forniture, evidenza documentata dei criteri e delle prove che hanno portato alla determinazione della resistenza caratteristica di ciascuna miscela omogenea di conglomerato, così come indicato al § 11.2.3 del D.M. 14/01/2008.

### **Prelievi**

I prelievi per il controllo della composizione dei getti dovranno essere effettuati secondo la norma **UNI 6126** - Prelevamento di campioni di calcestruzzo in cantiere.

Le domande di prove ai laboratori ufficiali dovranno essere sottoscritte dal Direttore dei Lavori e dovranno contenere precise indicazioni sulla ubicazione del prelievo.

### **Valutazione preliminare della resistenza**

Il costruttore, prima dell'inizio della costruzione di un'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al § 11.2.5 del D.M. 14/01/2008.

### **Controlli di accettazione**

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare

Le “Nuove Norme tecniche per le Costruzioni” (D.M. 14.01.2008 - p.11.2.5) prevedono le modalità e l'effettuazione dei controllo di accettazione del calcestruzzo in relazione alla resistenza caratteristica a compressione prescritta progettuale.

*Qualora i valori di resistenza a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto, o qualora sorgano dubbi sulla qualità del calcestruzzo, è facoltà del Direttore dei Lavori richiedere l'effettuazione di prove direttamente sulle strutture. In questi casi si dovrà tenere nel debito conto gli effetti che sui prelievi in opera hanno avuto la posa in opera e la stagionatura del calcestruzzo, per tale ragione la verifica od il prelievo del calcestruzzo indurito non può essere sostitutivo dei controlli d'accettazione da eseguirsi su provini prelevati e stagionati in conformità alle relative norme UNI.*

La conformità della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera, analogamente la non conformità della resistenza valutata in una posizione non implica la non conformità di tutto il calcestruzzo messo in opera.

Il controllo di base, per l'accettazione del calcestruzzo in cantiere, deve soddisfare le prescrizioni di cui allo specifico paragrafo "Controlli di accettazione" riportato nelle vigenti Norme Tecniche emanate dal Ministero delle Infrastrutture. Le prove da effettuare ai fini dell'accettazione devono essere eseguite in conformità alle norme UNI EN 12350 - 1 per quanto attiene il campionamento, ed alle norme UNI EN 12390, nelle varie parti, per quanto attiene il confezionamento e la stagionatura dei provini, nonché le relative prove di resistenza a compressione.

Per la preparazione dei provini si farà riferimento alle norme s.m.i.:

- UNI 6127 Provini di calcestruzzo - Preparazione e stagionatura
- UNI 6130/1° e 2° Provini di calcestruzzo per prove di resistenza meccanica - Forme e dimensioni - Casseforme
- UNI 6131 Prelevamento campioni di calcestruzzo già indurito e preparazione provini.

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 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.

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

I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere almeno:

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

Per gli elementi prefabbricati di serie, realizzati con processo industrializzato, sono valide le specifiche indicazioni di cui al § 11.8.3.1 del D.M. 14/01/2008.

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 costruttore, il quale deve procedere ad una verifica delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera mediante l'impiego di altri mezzi d'indagine, secondo quanto prescritto dal Direttore dei Lavori e conformemente a quanto indicato nel § 11.2.6 del D.M. 14/01/2008. Qualora gli ulteriori controlli confermino i risultati ottenuti, si dovrà procedere ad un controllo teorico e/o sperimentale della sicurezza della struttura interessata 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".

### **Prove complementari**

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 una serie di prove sia distruttive che non distruttive. Tali prove non devono, in ogni caso, intendersi sostitutive dei controlli di accettazione.

Il valor medio della resistenza del calcestruzzo in opera (definita come resistenza strutturale) è in genere inferiore al valor medio della resistenza dei prelievi in fase di getto maturati in condizioni di laboratorio (definita come resistenza potenziale). È accettabile un valore medio della resistenza strutturale, misurata con tecniche opportune (distruttive e non distruttive) e debitamente trasformata in resistenza cilindrica o cubica, non inferiore all'85% del valore medio definito in fase di progetto. Per la modalità di determinazione della resistenza strutturale si potrà fare utile riferimento alle norme **UNI EN 12504-1:2002, UNI EN 12504-2:2001, UNI EN 12504-3:2005, UNI EN 12504- 4:2005** nonché alle Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

La stima della resistenza in situ dalla struttura può essere richiesta dalla D.L., solo se ricorre, nelle fattispecie uno dei seguenti casi:

- riduzione palese della capacità resistente di elementi strutturali;
- azioni ambientali intercorsi (sisma, vento, neve e temperatura) che abbiano compromesso la capacità resistente della struttura;
- verificarsi di azioni eccezionali intercorsi (urti, incendi, esplosioni) significative;
- distorsioni significative imposte da deformazioni del terreno di fondazione;
- provati errori di progetto o esecuzione;
- cambio momentaneo della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili;

In tal caso tutte le operazioni sono pianificate dalla D.L. sentito il collaudatore e saranno eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

Le aree di prova ed i punti di prova, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove, devono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi direttamente dalla D.L..

La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati.

La definizione e la divisione in regioni di prova, di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente ad una medesima popolazione di calcestruzzo. Nella scelta dei siti di prelievo o di prova, si deve tener conto che in ogni struttura, eseguita con getto continuo, la resistenza del calcestruzzo in opera diminuisce progressivamente dal basso verso l'alto.

Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate dell'edificio, mentre nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto; in quest'ultimo caso, per poter effettuare un confronto, è opportuno saggiare anche una zona non danneggiata. Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme UNI, e alle indicazioni del produttore dello strumento di prova.

In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive sia di evidenti difetti (vespai, vuoti, occlusioni, ...) che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse sia di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ...), sia di polvere ed impurità in genere. L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

In relazione alla finalità dell'indagine, i punti di prelievo o di prova possono essere localizzati in modo puntuale, per valutare le proprietà di un elemento oggetto d'indagine, o casuale, per valutare una partita di calcestruzzo indipendentemente dalla posizione.

In quest'ultimo caso il campionamento dovrebbe essere organizzato in modo da stimare tutta la "popolazione" del calcestruzzo costituente il lotto.

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

I risultati di tali prove potranno servire al Direttore dei Lavori od al collaudatore per formulare un giudizio sul calcestruzzo in opera qualora non sia rispettato il "controllo di accettazione".

### **COMPOSIZIONE DEL CLS**

#### **Leganti**

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

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o ad eventuali altre specifiche azioni aggressive.

#### **Aggregati**

Sono idonei alla produzione di calcestruzzo per uso strutturale gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, ovvero provenienti da processi di riciclo conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 e, per gli aggregati leggeri, alla norma europea armonizzata UNI EN 13055-1.

Il sistema di attestazione della conformità di tali aggregati, ai sensi del DPR n.246/93 deve essere almeno 2+

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla Tab. 11.2.III del D.M. 14/01/2008, a condizione che la miscela di calcestruzzo 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 armonizzata 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.

Per quanto riguarda gli eventuali controlli di accettazione da effettuarsi a cura del Direttore dei Lavori, questi sono finalizzati almeno alla determinazione delle caratteristiche tecniche sotto-riportate:

- descrizione petrografica semplificata,
- dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini),
- indice di appiattimento,
- dimensione per il filler,
- forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)

Dovranno corrispondere alle prescrizioni di progetto e/o della D.L. e dovranno essere conformi alle norme UNI dalla 7101 alla 8520-22° del gruppo 400 - Aggregati, agenti espansivi ed additivi per impasti cementizi. Le prove saranno esclusivamente a carico dell'Appaltatore.

#### **Aggiunte ed additivi**

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali. Questi devono essere preventivamente autorizzati dalla D.L.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

Gli additivi devono essere conformi alla norma europea armonizzata **UNI EN 934-2**.

#### **Acqua di impasto**

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma **UNI EN 1008: 2003**.

#### **Prodotti filmogeni**

Dovranno essere sottoposti all'approvazione della D.L. ed essere conformi alle norme **UNI della 8656 alla 8660** del gruppo 400 e s.m.i. - Prodotti filmogeni di protezione del calcestruzzo.

#### **Disarmanti**

Dovranno essere sottoposti all'approvazione della D.L. ed essere conformi alla norma **UNI 8866 1° e 2° del gruppo 400** come precedentemente titolato.

#### **Conservazione dei componenti**

Il cemento deve essere conservato in luogo asciutto od in contenitori chiusi. Durante la conservazione nei silos si dovranno adottare tutte le precauzioni necessarie per evitare fenomeni di condensazioni all'interno degli stessi.

I diversi tipi di cemento devono essere conservati in contenitori separati, facilmente riconoscibili, in modo da impedire errori di utilizzazione.

In caso di lunga permanenza del legante nei silo o nei locali di deposito si dovranno predisporre opportune verifiche di laboratorio atte ad accertare il mantenimento delle caratteristiche originali del prodotto.

Gli inerti devono essere conservati in luoghi puliti, su di un piano di calcestruzzo opportunamente inclinato, al fine di evitare qualsiasi ristagno d'acqua. Sono comunque proibiti i depositi su terra e controterra. Le diverse classi granulometriche, così come gli inerti di categorie diverse, devono essere conservati separatamente, evitando ogni possibile miscelazione.

La sabbia deve essere "viva" con grani assortiti da 0 a 7 mm di diametro, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose e salsedine.

La ghiaia deve essere assortita con elementi fino a 30 mm di diametro per calcestruzzi comuni, fino a 100 mm di diametro per calcestruzzo da fondazioni o grandi getti. Le ghiaie devono anch'esse essere pulite e prive di materiale organico e salsedine.

L'assortimento granulometrico dell'aggregato dovrà avere una composizione tale per cui la relativa curva granulometrica risulti compresa fra le due curve limite confermate come favorevoli dall'esperienza e riportate sui manuali di uso corrente e nella norma UNI 7163-72.

Per le acque non provenienti dai normali impianti di distribuzione di acqua potabile si dovrà stabilirne l'idoneità mediante gli esami necessari per stabilire la presenza di sostanze con influenza negativa sui fenomeni di presa e indurimento del calcestruzzo.

L'acqua dovrà essere comunque limpida, incolore, inodore, sotto agitazione non dovrà dare luogo a formazioni di schiume persistenti.

Qualora l'acqua alla vista si presentasse torbida, potrà essere utilizzata solo dopo la necessaria permanenza in un serbatoio di decantazione.

L'acqua non potrà essere accettata nel caso contenga più di 500 mg/dm<sup>3</sup> di solfati e 300 mg/dm<sup>3</sup> di cloruri.

### **Confezionamento**

Gli inerti dovranno essere prelevati in modo costante ed uniforme per garantirne l'umidità e la granulometria. In nessun caso gli inerti potranno contenere neve o ghiaccio.

Il cemento sfuso dovrà essere contenuto in silo con il caricamento in alto e lo svuotamento per gravità in basso.

L'acqua all'immissione dovrà avere una temperatura compresa tra 0° e 40°.

La miscelazione degli elementi dovrà avvenire con il seguente ciclo: inerti, cemento, acqua, additivi.

Potrà essere effettuata meccanicamente, oppure con mezzi che garantiscano l'omogeneità del calcestruzzo.

Nel caso di autobetoniere la miscelazione deve essere eseguita in un'unica fase con automezzo fermo ed alla massima velocità indicata dalla casa produttrice del contenitore. Il numero di giri totali non dovrà essere inferiore a 50.

### **TRASPORTO**

**Il trasporto del calcestruzzo, dal sito di confezione al luogo d'impiego, deve essere effettuato con mezzi adeguati ad evitare la segregazione e/o il danneggiamento del conglomerato:** il calcestruzzo deve essere trasportato dal luogo di fabbricazione al luogo d'impiego in condizioni tali da evitare possibili segregazioni tra i componenti dell'impasto e la perdita di uno qualunque degli elementi costituenti della miscela (in particolare un'eccessiva evaporazione dell'acqua) o l'intrusione di materie estranee.

Ogni volta che si tema il pericolo di una segregazione degli elementi, si consiglia l'impiego di calcestruzzi a consistenza plastica o fluida ed una granulometria accuratamente studiata con una maggiore percentuale della parte fine (cemento e sabbia); è consigliato l'uso di opportuni additivi per ottenere un calcestruzzo di buona lavorabilità e non segregabile. Tali accorgimenti devono essere prioritariamente accettati dalla DL.

Sono ammessi **sistemi per il trasporto** del calcestruzzo quali: l'autobetoniera, la benna, l'autocarro cassonato e il nastro trasportatore. Diversi sistemi dovranno essere opportunamente comunicati alla DL.

**L'autobetoniera** è ammessa per il trasporto di quasi tutti i tipi di calcestruzzo a condizione che l'impasto sia mantenuto in continuità per un periodo non superiore alle due ore: il calcestruzzo miscelato non deve segregare. Nel caso di trasporto con mezzi dotati di agitatore oppure con autobetoniere, pur essendo limitato il rischio di una segregazione, lo scarico del calcestruzzo dovrà avvenire entro 2 ore dalla sua confezione, in relazione al tipo di cemento, alle caratteristiche dell'impasto ed alle condizioni ambientali.

**L'autocarro cassonato e il nastro trasportatore** sono ammessi esclusivamente per il trasporto di calcestruzzi a bassa consistenza, con cedimento al cono di Abrams < 30 mm, (esempio getti massivi).

Il cassone e il nastro trasportatore devono essere sempre protetti per evitare l'evaporazione dell'acqua o il dilavamento in caso di pioggia.

Nel caso di **calcestruzzo preconfezionato**, per ogni carico di calcestruzzo. L'appaltatore deve predisporre un documento (vistato dall'Ufficio della DL) che, deve contenere: la data, ora di confezione, e i tempi d'inizio e fine getto, ora d'arrivo in cantiere, ora d'inizio e di fine scarico, la classe d'esposizione ambientale, la classe di resistenza caratteristica, il tipo di cemento, la classe del cemento, il rapporto a/c, la dimensione massima dell'aggregato, la classe di consistenza, i metri cubi trasportati.

Nel caso di **calcestruzzo preparato in cantiere**, l'appaltatore deve predisporre un documento simile al precedente (vistato dall'Ufficio della DL) che, deve contenere almeno la classe di resistenza caratteristica ed i metri cubi trasportati.

L'impresa costruttrice conserva la documentazione nella quale è specificata la struttura a cui il carico di calcestruzzo è stato destinato.

Tale documento deve formare oggetto di controllo e registrazione da parte di chi riceve il calcestruzzo.

L'operazione di trasporto deve terminare prima che abbia inizio il fenomeno di presa.

La **movimentazione del calcestruzzo dal mezzo di trasporto al punto di messa in opera** può essere effettuata mediante uno dei seguenti dispositivi: canaletta, benna, nastro trasportatore, pompa. Il mezzo deve essere scelto tenendo in considerazione le caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco, la distanza tra il punto d'arrivo del mezzo e quello di getto, le condizioni climatiche, la conformazione delle casseforme e del cantiere, le attrezzature di compattazione disponibili e la velocità d'avanzamento prevista.

Al fine di ottenere una corretta messa in opera, la **canaletta** deve avere pendenza e lunghezza compatibili con la classe di consistenza del calcestruzzo. Le autobetoniere devono essere attrezzate con canalette che consentono la distribuzione diretta del calcestruzzo entro il raggio d'alcuni metri. E' opportuno che, per proteggere il calcestruzzo dal rapido essiccamento, che la canaletta sia protetta dal vento e dal sole. Per evitare la segregazione del calcestruzzo, all'atto dello scarico e nell'eventuale passaggio da una canaletta all'altra, deve essere predisposta una tramoggia che accompagna la discesa del calcestruzzo in direzione verticale (caduta libera del calcestruzzo sempre minore di 50 cm). La canaletta deve essere sempre accuratamente ripulita al termine di ogni operazione di scarico. Per motivi di sicurezza, le canalette delle autobetoniere devono essere opportunamente vincolate in modo da evitare gli spostamenti laterali, i sostegni della canaletta di cantiere devono essere idonee a sopportare il carico statico e dinamico del calcestruzzo.

La **benna** deve permettere di movimentare quantità ridotte di calcestruzzo in punti dislocati in modo disperso nella struttura in costruzione. Questa soluzione è tassativa nei casi in cui si operi a quote elevate rispetto al piano di consegna del calcestruzzo (sempreché sia installata una gru). Per accompagnare il calcestruzzo entro le casseforme delle strutture verticali, evitando la caduta libera che provoca la segregazione, è consigliabile l'impiego di un tubo getto che, immerso nella superficie del calcestruzzo fresco, ne permetta l'immissione dal basso o, in alternativa, l'applicazione alla bocca di scarico della benna di un tubo di gomma flessibile, avente diametro di 15 – 20 cm e lunghezza tale da

ridurre la caduta libera del calcestruzzo a meno di 50 cm. Tale accorgimento è particolarmente importante per i calcestruzzi fluidi (consistenza S4 secondo la norma UNI EN 206-1) e per quelli autocompattanti.

Il trasporto mediante nastro è ammesso a condizione che il calcestruzzo che non segregghi, non essicchi in modo rilevante e non aderisca al nastro stesso. Il nastro di ritorno, ripulito mediante gli specifici raschia-nastro, deve rimanere liberato dalla malta o pasta cementizia. Per evitare la segregazione allo scarico è opportuno predisporre, all'estremità del nastro, una tramoggia che permetta lo scarico verticale caduta libera del calcestruzzo sempre minore di 50 cm). Nel caso in cui sia necessario utilizzare più di un nastro, per evitare la segregazione, è opportuno inserire una tramoggia per trasferire il calcestruzzo da un nastro all'altro. Per salvaguardare l'omogeneità del calcestruzzo è necessario stabilire ed ottimizzare la velocità di traslazione e la pendenza del nastro.

Questo tipo di movimentazione è idoneo per calcestruzzi di consistenza plastica (S3) o più rigidi, senza limitazioni per la dimensione massima dell'aggregato.

Le prestazioni operative delle pompe sono espresse in termini di potenza, portata e pressione massima d'esercizio, che condizionano la possibile distanza e prevalenza (altezza) di pompaggio del calcestruzzo. Le caratteristiche della pompa (portata, distanza ed altezza di pompaggio) devono essere prese in considerazione nell'organizzazione del cantiere in modo che il mezzo sia appropriato alle esigenze del getto: tutto ciò sarà a cura dell'Appaltatore. Le pompe per calcestruzzo, in base alle loro caratteristiche, ammesse sono:

- pompe su autocarro, od autocarrate (da utilizzarsi nel caso in cui il braccio idraulico disti al massimo 40m dal punto di posa del calcestruzzo);
- pompe su autobetoniera, o auto-beton-pompe;
- pompe carrellate.

All'estremità della tubazione metallica di pompaggio generalmente è inserito un tubo flessibile che facilita la distribuzione del calcestruzzo entro le casseforme, ma che, di contro, induce una maggiore perdita di carico rispetto a quello metallico. Per motivi di sicurezza si deve evitare di sottoporre la tubazione flessibile a curve strette, ponendo attenzione ai possibili repentini scuotimenti dovuti ad aumenti della pressione di pompaggio. Le tubazioni fisse devono essere disposte secondo un tracciato il più lineare possibile, evitando la formazione di curve strette. Per evitare pericolose espulsioni di calcestruzzo dovute a cedimenti delle tubazioni in pressione, è necessario verificare sistematicamente lo stato delle tubazioni e, in modo particolare, il loro stato di usura, nonché il corretto fissaggio degli elementi di congiunzione.

Nella stagione estiva è bene proteggere le tubazioni dall'esposizione diretta ai raggi solari in modo da limitarne il riscaldamento.

Prima di iniziare il pompaggio, la superficie interna della tubazione deve essere lubrificata con boiaccia cementizia o apposito additivo compatibile con il calcestruzzo. La boiaccia cementizia di lubrificazione non può essere miscelata con il calcestruzzo ed immessa nei casseri.

Affinché l'operazione di pompaggio possa procedere in modo soddisfacente, è necessario che l'impasto sia alimentato in modo continuo, risulti uniforme, di buona qualità, omogeneamente mescolato e correttamente dosato, con aggregati di adeguato assortimento granulometrico. E' buona norma prevedere un diametro massimo dell'aggregato non eccedente un quarto del diametro della tubazione e non maggiore di 32 mm. Il calcestruzzo, spinto dal movimento alterno dei pistoni, deve poter fluire nelle tubazioni senza contraccolpi, in modo continuo. Nel caso in cui, a seguito delle esigenze di posa in opera, sia necessario interrompere il pompaggio, per impedirne l'intasamento, l'operatore della pompa opera brevi ed alterni movimenti di spinta ed aspirazione del calcestruzzo. Dopo al max 20 minuti d'interruzione, in relazione alla temperatura dell'ambiente, è necessario effettuare la pulizia del sistema. È opportuno che, a lato dell'ordine (nelle specifiche) sia segnalata la previsione di pompare il calcestruzzo. La consistenza ideale del calcestruzzo pompabile è compresa tra S3 – S5; i calcestruzzi più rigidi possono essere egualmente pompati senza problemi a condizione che abbiano una buona coesione. Nel caso del pompaggio verso il basso, è importante che sia corretta la composizione del calcestruzzo, giacché la depressione che si forma nel tubo può produrre il risucchio dell'acqua con conseguente problema d'intasamento. La pompa deve essere disposta, specialmente in condizioni di clima caldo, il più possibile prossima al sito di messa in opera. Prima d'ogni utilizzo è necessario verificare il funzionamento e l'efficienza di tutte le parti della pompa stessa. La messa in opera mediante pompa del calcestruzzo alleggerito preparato con argilla espansa richiede particolari avvertenze. L'aggregato leggero deve essere prematurato con acqua prima della miscelazione con gli altri costituenti. Se l'aggregato non è saturo d'acqua, la pressione elevata che si stabilisce nella pompa e nelle tubazioni costringe l'acqua a migrare all'interno dei granuli con conseguenti problemi di bloccaggio.

A parità di portata, per il pompaggio dei calcestruzzi autocompattanti, si deve prevedere una maggiore pressione di quella necessaria al pompaggio dei calcestruzzi ordinari; per non sovraccaricare la pompa è opportuno ridurre la velocità di flusso aumentando la sezione dei tubi.

Nel trasporto per pompaggio, il diametro dei tubi deve essere proporzionato al diametro massimo D dell'inerte usato, adottando un rapporto (diam. tubo/D) > 3. Onde limitare gli attriti durante il trasferimento, è opportuno scegliere inerti a forma arrotondata.

Per quanto riguarda la confezione, il trasporto e la consegna del calcestruzzo, sia esso preconfezionato o prodotto in cantiere, va fatto riferimento alle **"Linee Guida per la produzione, il trasporto e il controllo del calcestruzzo preconfezionato"**, predisposte dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

#### **VERIFICHE ED OPERAZIONI PRELIMINARI AL GETTO E MESSA IN OPERA**

Prima di iniziare la messa in opera del calcestruzzo è necessario compiere le operazioni e verifiche riguardanti almeno: le casseforme, le strutture di supporto e le armature metalliche.

Al ricevimento del calcestruzzo a piè d'opera è opportuno verificare:

- ✓ durante il trasporto siano state applicate le precauzioni atte a ridurre la perdita di lavorabilità e ad evitare la segregazione, di cui al punto precedente;
- ✓ la corrispondenza tra i requisiti ed i dati riportati nei documenti d'accompagnamento;
- ✓ l'aspetto del conglomerato fresco.

Nel caso di dubbio sulla conformità a piè d'opera (es. colore, composizione degli aggregati, diametro massimo dell'aggregato) è opportuno effettuare i necessari controlli. Tali differenze devono essere segnalate al responsabile della produzione del calcestruzzo e, se del caso, danno origine al rifiuto da parte della DL.

In conformità alle disposizioni vigenti, i controlli sulle caratteristiche del calcestruzzo fresco devono essere effettuati con prelievi a piè d'opera e, nel caso del calcestruzzo preconfezionato, i controlli devono essere eseguiti al momento dello scarico in contraddittorio ( DL, Appaltatore e trasportatore).

A tale scopo è obbligatorio eseguire, a pura discrezione della DL, a cura e a spese dell'Appaltatore, (salvo diversamente indicato nel computo metrico) su un unico campione rappresentativo ottenuto secondo le procedure descritte nella UNI EN 12350-1, le seguenti prove:

- ✓ misura della consistenza,
- ✓ confezione dei provini per prove di resistenza (obbligatori),
- ✓ determinazione della massa volumica ( obbligatori),
- ✓ verifica del contenuto d'aria,
- ✓ controllo del rapporto acqua/cemento.

Il calcestruzzo autocompattante richiede uno specifico controllo delle sue proprietà alla consegna che riguarda la verifica del valore di scorrimento e quella dell'omogeneità dell'impasto secondo le procedure indicate nella UNI 11040. La tabella seguente riporta lo schema dei **controlli da svolgere sul calcestruzzo fresco**, alcuni dei quali sono specificati nella UNI EN 206- 1

	Procedura	Requisiti	Frequenza
Documento di produzione o bolla d'accompagnamento	Verifica visiva	Conformità alle specifiche	Ogni partita (consegna)
Consistenza (lavorabilità) del calcestruzzo	Verifica visiva e controllo secondo il metodo di riferimento	Conformità alla classe di consistenza	Quando opportuno, nel corso dei prelievi per la valutazione della resistenza
Omogeneità del calcestruzzo	Verifica visiva e/o confronto tra le proprietà di differenti partite (consegne)	Aspetto uniforme, e di sottocampioni omogenei.	In caso di dubbio
Massa volumica del calcestruzzo fresco	UNI EN 12350-6	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Dosaggio in cemento	Controllo della quantità pesata dei costituenti nella preparazione dell'impasto	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Dosaggio in acqua e rapporto acqua/cemento	Controllo della quantità dosata nell'impasto o secondo metodologia da concordarsi tra le parti	Verifica della miscela	Se richiesto dalle specifiche tecniche o dalla Direzione Lavori
Prelievo di campioni per verifica della resistenza a compressione.	Secondo le procedure previste dalla norma	Verifica Rck alla scadenza ordinaria e se necessario alle brevi stagionature	Secondo le vigenti norme tecniche e/o secondo le specifiche progettuali, se più restrittive
Contenuto d'aria	UNI EN 12350-7	Conformità alle specifiche.	Se richiesto per la classe di esposizione e nelle specifiche progettuali
Altre caratteristiche: ora di consegna, ora di messa in opera temperatura calcestruzzo fresco	Registrazione		Secondo richiesta
Rilavorazione (per riprendere la consistenza prescritta)	Registrazione. La rilavorazione deve essere vietata se comporta una riduzione inaccettabile delle prestazioni del calcestruzzo	Dosaggio e tipo d'additivo aggiunto	Ogni qual volta è effettuata

### **Consistenza**

La determinazione della consistenza deve essere eseguita immediatamente dopo il prelievo ed almeno una volta al giorno, secondo le modalità delle norme vigenti in materia (metodo del cono di Abrams).

### **MESSA IN OPERA E SCARICO DEL CLS**

La messa in opera del calcestruzzo comprende le operazioni di movimentazione e getto del materiale nelle apposite casseforme.

Per assicurare la migliore riuscita del getto, la messa in opera del calcestruzzo richiede una serie di verifiche preventive:

- ✓ controllo casseforme,
- ✓ controllo dei ferri d'armatura,
- ✓ organizzazione ed esecuzione delle operazioni di getto, di protezione e di stagionatura del calcestruzzo.

Considerata l'importanza delle operazioni di getto, che riguardano la posa in opera del calcestruzzo e tutte le fasi relative, è necessario stabilire un programma di verifiche che comprenda almeno:

- il coordinamento con la Direzione Lavori, con il progettista, con i laboratori esterni per ispezioni, verifiche, prelievi di campioni e prove a piè d'opera;
- l'istruzione/coordinamento con i fornitori e subappaltatori, per la consegna del calcestruzzo delle caratteristiche prescritte;
- nel caso di calcestruzzo preconfezionato, le istruzioni/ordini circa le prestazioni, il programma della fornitura, l'eventuale necessità della pompa con relative caratteristiche;
- l'istruzione agli operatori per organizzare la messa in opera, compattazione e stagionatura del calcestruzzo, in funzione dei volumi, delle sequenze e degli spessori dei getti, della movimentazione e vibrazione del materiale, della protezione e stagionatura della struttura, delle condizioni climatiche, nonché delle eventuali superfici di contatto.

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al Direttore dei Lavori il programma dei getti indicando almeno:

- il luogo di getto
- la struttura interessata dal getto
- la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti hanno inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori abbia verificato:

- la preparazione e rettifica dei piani di posa;
- la pulizia delle casseforme;
- la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione
- la posizione degli inserti (giunti, ecc.);
- l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Nel caso di getti contro terra la DI controlla che siano eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto, le seguenti operazioni:

- la pulizia del sottofondo
- la posizione di eventuali drenaggi
- la stesa di materiale isolante e/o di collegamento

Il calcestruzzo deve essere messo in opera nel più breve tempo possibile dopo la sua confezione e, in ogni caso, prima dell'inizio della presa, stendendolo in strati orizzontali.

Nel caso di getto per caduta libera e per un'altezza che possa provocare la segregazione dei componenti, ad esempio si consiglia l'impiego di canalette a superficie liscia.

È opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non ecceda 50cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.

Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori.

Nei getti in pendenza è opportuno predisporre dei cordolini d'arresto atti ad evitare la formazione di lingue di calcestruzzo tanto sottili da non poter essere compattate in modo efficace.

Nel caso di getti in presenza d'acqua è opportuno:

- ✓ adottare gli accorgimenti atti ad impedire che l'acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione;
- ✓ provvedere, con i mezzi più adeguati, alla deviazione dell'acqua e adottare miscele di calcestruzzo, coesive, con caratteristiche antidilavamento, preventivamente provate ed autorizzate dal Direttore dei Lavori;
- ✓ utilizzare una tecnica di messa in opera che permetta di gettare il calcestruzzo fresco dentro il calcestruzzo fresco precedentemente gettato, in modo da far rifluire il calcestruzzo verso l'alto, limitando così il contatto diretto tra l'acqua ed il calcestruzzo fresco in movimento.

Il calcestruzzo autocompattante deve essere versato nelle casseforme in modo da evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. L'immissione per mezzo di una tubazione flessibile può facilitare la distribuzione del calcestruzzo. Se si usa una pompa, una tramoggia o se si fa uso della benna, il terminale di gomma deve essere predisposto in modo che il calcestruzzo possa distribuirsi omogeneamente entro la cassaforma; per limitare il tenore d'aria occlusa è opportuno che il tubo di scarico rimanga sempre immerso nel calcestruzzo.

Nel caso di getti verticali ed impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa. Indicativamente un calcestruzzo autocompattante ben formulato ha una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri; tale distanza dipende comunque anche dalla densità delle armature.

Durante il getto non si deve modificare la consistenza del calcestruzzo con aggiunte di acqua. La lavorabilità di un calcestruzzo formulato originariamente con poca acqua, non può essere migliorata aggiungendo acqua: quando necessario possono essere utilizzati degli additivi fluidificanti o, talvolta, superfluidificanti.

La messa in opera del conglomerato deve avvenire in maniera tale che il calcestruzzo conservi la sua uniformità, evitando il pericolo della segregazione dei componenti, curando che esso non venga a contatto con strati di polvere o rifiuti di qualsiasi natura e con elementi suscettibili di assorbire acqua, senza che questi siano stati adeguatamente bagnati prima del getto.

E' essenziale che il getto sia costipato in misura tale da ottenere un calcestruzzo compatto, il riempimento omogeneo e completo dei casseri, l'avvolgimento delle armature metalliche.

La presa del cemento e l'indurimento del conglomerato devono avvenire in modo da garantire il raggiungimento in opera della voluta resistenza di progetto, con valori di ritiro contenuti e comunque entro valori ammissibili.

Dopo che ogni singola parte sia stata disarmata, le superfici dei getti, previo benestare della Direzione dei Lavori, andranno regolarizzate in modo da togliere eventuali risalti e sbavature, riempire i vuoti e riparare parti eventualmente non perfettamente riuscite.

Le superfici faccia a vista dovranno presentare le seguenti caratteristiche:

- avere un colore uniforme proprio del calcestruzzo solido; non sono consentiti schiarimenti dovuti a separazione della calce, screziature o corpi estranei;
- essere continue, quindi prive di nidi di ghiaia o di sabbia, pori d'aria, zone magre, screpolature di ritiro o di assestamento, danni del gelo o degli additivi antigelo, scalpellature e fresature, perdite di sabbia in superficie (irruvidimenti), distacchi della pellicola di cemento, presenza di alghe, funghi, macchie di olio, fuliggine, ruggine e simili, presenza di corrosioni dovute sia agli acidi che all'aggressione di solfati e simili, ecc.

Le superfici di conglomerato cementizio in relazione al loro grado di finitura, conseguente anche alle classi di casseforme impiegate, possono essere delle seguenti quattro classi, con i requisiti appresso indicati:

- A (speciale);
- B (accurata);
- C (ordinaria);
- D (grossolana).

Qualora non diversamente e particolarmente disposto le superfici di conglomerato cementizio normale dovranno corrispondere almeno alla classe B, se faccia a vista alla classe

#### **COSTIPAMENTO**

Qualsiasi operazione di costipamento deve essere eseguita prima dell'inizio della presa del calcestruzzo.

La compattazione è il processo mediante il quale le particelle solide del calcestruzzo fresco si serrano tra loro riducendo i vuoti. Tale processo può essere effettuato mediante: **vibrazione, centrifugazione, battitura, assestamento.**

I calcestruzzi con classi di consistenza S1 e S2, che allo stato fresco sono generalmente rigidi, richiedono una compattazione più energica dei calcestruzzi di classe S3 o S4, aventi consistenza plastica o plastica fluida.

Nel predisporre il sistema di compattazione si deve prendere in considerazione la consistenza effettiva del calcestruzzo al momento della messa in opera che, per effetto della temperatura e della durata di trasporto, può essere inferiore a quella rilevata al termine dell'impasto

#### *Costipamento per vibrazione*

La vibrazione consiste nell'imporre al calcestruzzo rapide vibrazioni che fluidificano la malta e drasticamente riducono l'attrito interno esistente tra gli aggregati. In questa condizione il calcestruzzo si assesta per effetto della forza di gravità, fluisce nelle casseforme, avvolge le armature ed espelle l'aria intrappolata. Al termine della vibrazione l'attrito interno ristabilisce lo stato di quiete e il calcestruzzo risulta denso e compatto.

I vibratorii possono essere: interni ed esterni. I vibratorii interni, detti anche ad immersione o ad ago, sono costituiti da una sonda o ago. L'ago vibrante deve sempre essere introdotto verticalmente e spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza almeno di 5s ed al max di 30 sec. A completamento della compattazione la superficie non deve risultare né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve avvenire gradualmente ed effettuata in modo da permettere la richiusura del foro da esso lasciato. L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco, e per almeno 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratorii mantenuti in posizione orizzontale.

La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura non è tollerata.

Qualora il getto comporti la messa in opera di più strati, si dovrà programmare la consegna del calcestruzzo in modo che ogni strato sia disposto sul precedente quando questo è ancora allo strato plastico così da evitare i "giunti freddi".

Le vibrazioni possono essere applicate al getto anche attraverso i casseri.

Particolare cautela va osservata per la durata di applicazione locale della vibrazione onde evitare ogni segregazione dei componenti dell'impasto; un indice dell'inizio di questo fenomeno è la comparsa di acqua sulla superficie del getto. In ogni caso, tale durata non deve superare i 100 secondi.

#### *Costipamento manuale*

Per lavori di limitata entità e quando non è possibile l'impiego di mezzi meccanici, il costipamento può essere eseguito manualmente con l'ausilio di pestelli in legno o metallici. In questi casi, occorre assicurare l'efficacia del costipamento per strati successivi.

### **FESSURAZIONE DEL CALCESTRUZZO IN FASE PLASTICA**

L'assestamento in fase plastica dei solidi particellari e il ritiro plastico sono collegati, ma in diverso modo, all'essudazione (affioramento o accumulo) dell'acqua sulla superficie orizzontale dei getti.

L'essudazione di acqua (fenomeno noto anche con il nome) può essere riguardata come:

- segregazione di acqua dal resto dell'impasto,
  - drenaggio di acqua al di fuori dell'impasto,
  - conseguenza della sedimentazione dei solidi particellari, incapaci di trattenere tutta l'acqua usata per l'impasto.
- L'affioramento può avvenire in modo uniforme, interessando l'intera superficie esposta o può essere localizzato in un certo numero di canalicoli. In quest'ultimo caso, l'acqua trascina le particelle più fini di cemento che si depositano intorno alla bocca dei canalicoli formando piccoli crateri.

Sono da evitare fenomeni quali essudazione localizzata o di bleeding generalizzata (tipica degli impasti poco coesivi, quindi degli impasti magri e/o ricchi di acqua).

Sia l'essudazione localizzata che il trascinarsi di notevoli quantità di particelle di cemento sono di pregiudizio per le proprietà della cosiddetta "pelle" del calcestruzzo (cosiddetta "pelle polverizzabile"): si raccomanda di eliminare pertanto lo strato polverulento mediante spazzolatura.

Se l'essudazione è eccessiva, il trattamento di finitura può provocare il richiamo in superficie di una sospensione finissima di cemento con conseguenze negative per le proprietà degli strati superficiali del calcestruzzo indurito.

L'essudazione di acqua del calcestruzzo fresco, deve essere ridotta ricorrendo a uno o più dei seguenti accorgimenti:

- usando un cemento di maggiore superficie specifica;
- sostituendo parte del cemento con una o più aggiunte minerali;
- inglobando aria mediante aggiunta di un additivo aerante;
- aumentando la velocità di idratazione del legante mediante aggiunta di un additivo accelerante;
- diminuendo il rapporto a/c;
- aumentando il dosaggio di cemento e/o delle sole componenti fini (tendenzialmente sotto 0.5 mm) dell'aggregato.

Il fenomeno dell'essudazione è caratterizzato dalla velocità intesa come volume d'acqua che affiora nell'unità di tempo e di superficie (cm<sup>3</sup>/cm<sup>2</sup>/sec) e dalla quantità, assestamento totale per unità di altezza del calcestruzzo. I due parametri possono essere determinati in cantiere (UNI 7122 Calcestruzzo fresco – determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata, UNI EN 12350 – 4 Prova sul calcestruzzo fresco – Indice di compattabilità).

I vincoli che causano fessurazione e microfessurazione da **assestamento plastico differenziale iniziale** non possono, per la gran parte, essere evitati perché intrinseci alla costruzione. Tuttavia sarà a cura dell'Appaltatore annullare o minimizzare il danno fessurativo migliorando la coesione dell'impasto o, in alternativa, rivibrando l'impasto dopo che ha avuto luogo l'assestamento iniziale, cioè dopo 30' – 60' dalla prima vibrazione. Nel getto di una trave a T è buona regola gettare dapprima la sezione dell'anima e quindi attendere che l'acqua affiori prima di completare il getto.

Il **Ritiro plastico** si manifesta entro le prime quattro ore quando la velocità di evaporazione dell'acqua sulla superficie del getto è maggiore della velocità alla quale l'acqua essuda. Il pericolo di fessurazione incombe dal momento in cui, con la scomparsa del velo liquido, la superficie del getto appare opaca. Considerata la causa del fenomeno e la geometria degli elementi strutturali coinvolti, il rischio di fessurazione da ritiro plastico può essere annullato o ricondotto ai valori progettuali cercando di svolgere l'operazione di getto in ambiente secco (giornate poco umide), tenendo conto dell'azione del vento e della temperatura dell'impasto e dell'ambiente esterno. Non è ammesso che la velocità di evaporazione dell'acqua sia superiore ad 1 kg/m<sup>2</sup>/h o quantomeno superiore alla velocità alla quale affiora l'acqua di essudazione.

Per evitare la fessurazione da ritiro plastico occorre prevenire o ridurre l'evaporazione dell'acqua entro i primi 30 minuti dopo il getto prendendo uno o più dei seguenti provvedimenti:

- saturare gli aggregati, bagnando adeguatamente casseforme e terreno di posa;
- nella stagione estiva mantenere bassa la temperatura dell'impasto;
- ridurre l'intervallo di tempo tra la fine del getto e l'inizio delle procedure di stagionatura;
- erigere barriere frangivento;
- proteggere dall'insolazione (in condizioni critiche è opportuno programmare i tempi di lavoro in modo che il getto possa effettuarsi nel tardo pomeriggio o di sera);
- assicurarsi che la superficie del getto resti bagnata dopo la finitura fino a che non diventano applicabili le procedure di stagionatura (raccomandando così l'uso di teli bagnati, di fogli di plastica o di acqua nebulizzata).

### CONDIZIONI SPECIALI DI LAVORAZIONE

#### Getti a basse temperature (< +5°C) - cosiddetti climi freddi -

Si definisce "clima freddo" una condizione climatica in cui, per tre giorni consecutivi, si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- la temperatura media dell'aria è inferiore a 5 °C;
- la temperatura dell'aria non supera 10°C per più di 12 ore.

Se inevitabile effettuare il getto in tali condizioni, esclusivamente a cura e spese dell'Appaltatore, occorre attuare alcuni sistemi di protezione:

1. utilizzare cementi ad alta resistenza e rapido indurimento;
2. adottare additivi acceleranti di presa ed indurimento;
3. se sono state utilizzate casseforme in legno coprire con fogli in plastica;
4. se sono state utilizzate casseforme metalliche coprire ed isolare con opportuni pannelli coibentati durante tutto il periodo freddo;
5. prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura > +5°C;
6. la neve ed il ghiaccio, se presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo;
7. riscaldamento degli inerti e dell'acqua d'impasto;
8. aumento del contenuto di cemento;
9. riscaldamento dell'ambiente di getto

**I getti all'esterno devono essere sempre sospesi se la temperatura dell'aria è <0°C;** tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori (es. riscaldamento dei costituenti il calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, etc...).

In ogni caso, il getto dovrà essere protetto dalla neve e dal vento.

Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.

Si consiglia di coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta; in fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti anti-evaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.

Gli elementi a sezione sottile messi in opera in casseforme non coibentate, esposti sin dall'inizio a basse temperature ambientali richiedono un'attenta e sorvegliata stagionatura.

Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari (alta montagna) nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore.

Durante il "periodo freddo" la temperatura del calcestruzzo fresco messo in opera nelle casseforme non dovrebbe essere inferiore ai valori riportati in tabella sotto riportata.

Dimensione minima della sezione [mm <sup>2</sup> ]			
< 300	300 ÷ 900	900 ÷ 1800	> 1800
Temperatura minima del calcestruzzo al momento della messa in opera			
13 °C	10 °C	7 °C	5 °C

In relazione alla temperatura ambiente ed ai tempi di attesa e di trasporto si deve prevedere un raffreddamento di 2 – 5°C tra il termine della miscelazione e la messa in opera.

Al termine del periodo di protezione, necessario alla maturazione, il calcestruzzo deve essere raffreddato gradatamente per evitare il rischio di fessure provocate dalla differenza di temperatura tra parte interna ed esterna. La diminuzione di temperatura sulla superficie del calcestruzzo, durante le prime 24 ore, non dovrebbe superare i valori riportati in tabella di cui sopra. Si consiglia di allontanare gradatamente le protezioni facendo in modo che il calcestruzzo raggiunga gradatamente l'equilibrio termico con l'ambiente.

#### Getti a temperature - cosiddetti climi caldi -

Le condizioni che caratterizzano il clima caldo sono:

1. temperatura ambiente elevata (>35°C),
2. bassa umidità relativa,
3. forte ventilazione (non necessariamente nella sola stagione calda),
4. forte irraggiamento solare,
5. temperatura elevata del calcestruzzo.

Per effettuare il getto in ambienti a temperature elevate, devono essere presi tutti i provvedimenti atti a ridurre la temperatura della massa del calcestruzzo, in specie durante il periodo di presa.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare 35°C; tale limite dovrà essere convenientemente ridotto nel caso di getti di grandi dimensioni.

Esistono diversi metodi per raffreddare il calcestruzzo; il più semplice consiste nell'utilizzo d'acqua molto fredda o di ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua d'impasto. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo si possono aggiungere additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori.

Inoltre si dovrà evitare che il getto subisca una presa ed un'evaporazione dell'acqua di impasto troppo rapida. Il calcestruzzo e i casseri dovranno essere irrorati in continuità e protetti dall'insolazione diretto e dal vento.

Comunque si dovrà fare in modo che la temperatura della massa di calcestruzzo non superi i +35°C, all'inizio della presa, e si mantenga inferiore ai +70°C, per tutto il periodo successivo, tenendo presente che il salto tra le due temperature non dovrà superare mai i 40°C.

#### Getti contro terra

Il terreno a contatto del getto deve essere stabile o adeguatamente stabilizzato e non deve produrre alterazioni della quantità dell'acqua dell'impasto.

Inoltre non deve presentare in superficie materiale sciolto che potrebbe mescolarsi al calcestruzzo.

In genere si consiglia un'opportuna preparazione della superficie del terreno (ad esempio, con calcestruzzo magro per le fondazioni, calcestruzzo proiettato per gallerie, pozzi e muri di sostegno).

I ricoprimenti delle armature devono essere quelli relativi agli ambienti aggressivi.

#### Interruzione nel lavoro

I getti dovranno essere adeguatamente programmati in modo tale che le interruzioni avvengano in corrispondenza di manufatti compiuti. Qualora ciò non fosse possibile per il sopravvenire di eventi imprevedibili, si dovranno porre in opera tutte le precauzioni (ad es.: uso di ritardanti, resine sintetiche, armature supplementari, ecc.) atte ad escludere qualsiasi rischio di riduzione della resistenza del calcestruzzo. In proposito dovrà essere interpellata la D.L. per le approvazioni e verifiche necessarie.

In corrispondenza delle interruzioni di getto per travi e solai, il calcestruzzo dovrà essere contenuto entro i casseri da pareti provvisorie: non saranno ammesse interruzioni di getto con calcestruzzo fresco libero nelle sue parti terminali e non opportunamente contrastato da superfici solide.

Nel caso di presenza di falde d'acqua in pressione sarà necessario prevedere l'uso di profili waterstop (PVC) per la tenuta idraulica in corrispondenza dell'interruzione di getto.

Le dimensioni, la sagoma ed il tipo dei profili waterstop sono soggetti all'approvazione della D.L.

#### Getti di massa

La reazione d'idratazione del cemento è esotermica, conseguentemente la temperatura, specialmente nei getti di grosse dimensioni, nei quali il calore non si disperde rapidamente (condizioni quasi adiabatiche), può raggiungere valori elevati.

Prima l'innalzamento, poi la successiva diminuzione della temperatura, per effetto delle variazioni dimensionali impedito inducono tensioni di trazione e di compressione tra parti interne ed esterne dei getti.

La velocità e l'intensità dello sviluppo di calore del calcestruzzo dipendono dal tipo, classe e dosaggio (kg/m<sup>3</sup>) del cemento e dalla presenza di aggiunte attive (es.: ceneri, fumi di silice, loppa), dal dosaggio e natura degli altri costituenti e dalla temperatura iniziale dei materiali. Il calore d'idratazione dei cementi, va determinato in condizioni isoterme con il metodo per soluzione (UNI EN.196-8 Metodi per provare i cementi- parte 8 – Calore di idratazione – metodo per soluzione) ed in condizioni standard di laboratorio, ed è l'unico elemento per stimare l'innalzamento termico del calcestruzzo (in condizioni adiabatiche).

In tabella sotto sono riportati i valori indicativi del calore d'idratazione per differenti tipi di cemento e classi di resistenza.

Tempo (giorni)	Cemento: tipo e classe di resistenza						
	CEM VLH 22.5	CEM IV/B 32.5	CEM II/BS 32.5R	CEM II/A-LL 32.5R	CEM IV/A 42.5R	CEM III/A-LL 42.5R	CEM I 52.5R
3		200	225	255	275	285	315
7	210	240	270	300	300	330	355
28	240	275	310	335	315	355	380
90		295	365	360	340	380	400

In condizioni quasi – adiabatiche la temperatura massima è raggiunta nel corso della prima settimana di maturazione (3-7 giorni). I calcestruzzi a rapido sviluppo di resistenza ( $R_2/R_{28} > 0.5$ ) sono più critici nei riguardi degli effetti secondari provocati dal calore d'idratazione.

L'effetto degli additivi (riduttori d'acqua, ritardanti di presa, acceleranti) si esaurisce nel corso delle prime 12 ore dalla miscelazione e quindi non è rilevante nei riguardi dell'innalzamento termico dopo 3 – 7 giorni.

L'innalzamento termico in condizioni adiabatiche, in funzione dell'idratazione del cemento e del tempo di stagionatura, va stimato conoscendo le principali caratteristiche fisiche del cemento e del calcestruzzo, mediante relazioni note in letteratura.

Come regola pratica di cantiere si può assumere che ogni 100 kg/m<sup>3</sup> di dosaggio in cemento di classe 42.5R (II A/L), provocano nel calcestruzzo un aumento di temperatura di circa 12°C mentre per un cemento 32.5R il medesimo dosaggio porta ad un incremento di circa 10°C.

La temperatura del calcestruzzo all'interno di un getto non dovrebbe mai superare i 70°C;

non sono ammesse temperature superiori.

Per limitare le tensioni d'origine termica occorre:

- controllare gli innalzamenti termici delle diverse parti della struttura, ponendo attenzione alla differenza di temperatura tra le diverse parti stesse;
- evitare/ridurre i vincoli esterni che impediscono le deformazioni.

È opportuno rispettare sempre i seguenti limiti:

- temperatura massima del calcestruzzo  $\leq 70^\circ\text{C}$ ;
- $\Delta T_{\text{max}} \leq 20^\circ\text{C}$  fra le varie parti della struttura;
- $\Delta T_{\text{max}} \leq 15^\circ\text{C}$  in prossimità dei giunti di costruzione o nel le sezioni di dimensioni molto variabili.

Per limitare il rischio delle fessure superficiali, dovute agli effetti termici, è opportuno proteggere adeguatamente la struttura in modo da ridurre il  $\Delta T$  fra l'interno e l'esterno.

Particolare attenzione deve essere posta pertanto ai getti di grosse dimensioni, in cui l'inerzia termica della parte interna ed il rapido raffreddamento di quella esterna, può provocare stati di coazione. Il progettista e/o la Direzione Lavori possono prescrivere la verifica degli innalzamenti

termici e dei gradienti termici in diversi punti di una sezione di calcestruzzo, facendo predisporre termocoppie all'interno delle casseforme ed opportuni interventi di coibentazione della struttura o di variazione della composizione del calcestruzzo.

#### **Riprese del getto**

Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale. Per ottenere ciò è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che, mediante vibrazione, si ottenga la monoliticità del calcestruzzo. Qualora siano inevitabili le riprese di getto, è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa, sia lasciata quanto più possibile corrugata, alternativamente la superficie deve essere scalfita (e pulita dai detriti), in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo e sempre sufficientemente mantenuta umida. L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine), o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo d'additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie.

Le riprese di getto devono essere orientate su piani quanto più possibili ortogonali alla direzione dei flussi di compressione che si destano poi nella struttura in servizio, in modo da garantire un'imposta efficace per tali compressioni. Le riprese, non devono essere eseguite nelle zone di massimo momento flettente.

Quando sono presenti armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, occorre fare sì che tali barre, in grado per la loro natura di resistere al taglio, possano funzionare più efficacemente come elementi tesi in tralicci resistenti agli scorrimenti, essendo gli elementi compressi costituiti da aste virtuali di calcestruzzo che, come si è detto in precedenza, abbiano a trovare una buona imposta ortogonale rispetto al loro asse (questo è ad esempio, il caso delle travi gettate in più riprese sulla loro altezza)

Tra le riprese di getto sono da evitare i distacchi, le discontinuità o le differenze d'aspetto e colore.

Nel caso di getti di calcestruzzo a vista, sarà cura dell'Appaltatore predisporre disposizioni aggiuntive progettuali che contengano indicazioni e specifiche riguardanti la posizione e le modalità esecutive delle riprese di getto (previa accettazione da parte della D.L.).

Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di costruzione con utilizzo di miscele impermeabili, l'interposizione di giunti waterstop, la continuità del getto ( tali disposizione devono essere predisposte a cura dell'Appaltatore, ed accettate dalla DL).

Se un'interruzione del getto producesse una superficie di ripresa mal orientata, il conglomerato dovrà essere demolito onde realizzare una superficie opportunamente orientata per la ripresa.

#### **Stagionatura, Bagnatura e protezione dei getti**

Dopo la messa in opera e la compattazione, il calcestruzzo deve essere stagionato e protetto dall'essiccamento al fine di

1. evitare l'interruzione dell'idratazione,
2. ridurre il ritiro in fase plastica e nella fase iniziale dell'indurimento (1 settimana),
3. far raggiungere un'adeguata resistenza meccanica alla struttura,
4. ottenere un'adeguata compattezza e durabilità della superficie,
5. migliorare la protezione nei riguardi delle condizioni climatiche (temperatura, umidità, ventilazione),
6. evitare vibrazioni, impatti, o danneggiamenti sia alla struttura che alla superficie, ancora in fase di indurimento.

La stagionatura comprende i processi durante i quali il calcestruzzo fresco sviluppa gradualmente le sue proprietà per effetto della progressiva idratazione del cemento. Si definisce "stagionatura ordinaria" la stagionatura del calcestruzzo che avviene a temperatura ambiente (compresa tra i 5 ed i 35°C) con esclusione d'ogni intervento esterno di riscaldamento o raffreddamento. Per contro, si definisce stagionatura "accelerata" quella che si effettua con sistemi di maturazione ad alta temperatura e/o in particolari condizioni d'umidità e pressione

La presa e l'indurimento del calcestruzzo richiedono la disponibilità di un'idonea quantità d'acqua. L'acqua che è presente nel calcestruzzo fresco, all'atto del getto, deve rimanere disponibile fino a quando il volume iniziale dell'acqua e del cemento non è sostituito dai prodotti d'idratazione. L'idratazione del cemento progredisce solamente se la tensione di vapore dell'acqua contenuta nei pori è prossima al valore di saturazione (UR > 90%).

Al fine di assicurare al calcestruzzo le più adatte condizioni termoigrometriche durante la presa e l'indurimento e fino a quando il calcestruzzo non abbia raggiunto il 70% della resistenza prevista nel progetto, si deve ricorrere all'umidificazione delle superfici del getto e/o alla posa di teli di protezione, in particolare quando il getto presenti grandi superfici esposte. Si deve ricorrere alla protezione con teli anche quando ci sia il rischio di dilavamento del getto, in caso di piogge battenti o di essiccamento troppo rapido per un irraggiamento solare eccessivo.

A titolo esemplificativo, di seguito sono descritti i più comuni sistemi di protezione termica adottabili nei getti di cantiere:

- Cassaforma isolante. Si ritiene tale se essa almeno crea un gradiente termico di 20°C; i casseri in legno compensato si ritengono isolanti se hanno uno spessore >2 cm.; anche un getto che si trova contro terra è considerato isolante.
- Sabbia e foglio di polietilene. La parte superiore del getto si può proteggere con un foglio di polietilene coperto con 7-8 cm di sabbia.
- Immersione in leggero strato d'acqua. La corretta stagionatura è assicurata mantenendo costantemente umida la struttura messa in opera. Nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale si suggerisce di creare un cordolo perimetrale che permette di mantenere la superficie costantemente ricoperta da alcuni centimetri d'acqua. Tuttavia occorre porre attenzione, in condizioni di forte ventilazione, alla rapida escursione della temperatura sulla superficie per effetto dell'evaporazione e pertanto in tali condizioni è a cura dell'impresa prevedere opportuno sistema di sorveglianza.
- Coibentazione con teli flessibili. Sono ideali nelle condizioni invernali; le coperte non devono presentare, una volta posizionate, alcun danneggiamento.

Al fine di assicurare alla struttura un corretto sistema di stagionatura in funzione delle condizioni ambientali, della geometria dell'elemento e dei tempi di scasseratura previsti, occorre prevedere ed eseguire in cantiere una serie di verifiche che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate, le quali dovranno essere accettate dalla D.L.

Con il termine "**durata di stagionatura**" s'intende il periodo che intercorre tra la messa in opera ed il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate. Si rammenta che la durata di stagionatura, necessaria ad ottenere la durabilità ed impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle casseforme ed i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale.

Per l'intera durata della stagionatura il calcestruzzo necessita d'attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta. La durata di stagionatura è prescritta in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione.

Per la classe di esposizione appartenenti alle classi Xo e XC1, il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il “tempo di presa” sia inferiore a 5 ore e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5°C.

Se il calcestruzzo è esposto a classi d’esposizione diverse da Xo o XC1 la durata di stagionatura deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto. In ogni caso vanno rispettate le limitazioni minime di cui alla tabella sotto riportata utile per calcestruzzi esposti a classi d’esposizione diverse da Xo e XC1.

Temperatura “t” della superficie del calcestruzzo °C	Durata minima della stagionatura (giorni)			
	Sviluppo della resistenza in base al rapporto $r = (f_{cm2}/f_{cm28})$			
	Rapido $r \geq 0.50$	Medio $0.50 < r \leq 0.30$	Lento $0.30 < r \leq 0.15$	Molto lento $r < .15$
$t \geq 25$	1.0	1.5	2.0	3
$25 > t \geq 15$	1.0	2.0	3.0	5
$15 > t \geq 10$	2.0	4.0	7.0	10
$10 > t \geq 5$	3.0	6.0	10	15

Il valore della della resistenza “r” è calcolato in base al rapporto sperimentale della resistenza meccanica  $f_{cm}$  alla compressione determinata alla scadenza di 2 e 28 giorni. Ai valori in tabella va sempre aggiunto l’eventuale tempo di presa eccedente le 5 ore.

Il tempo durante il quale il calcestruzzo rimane a temperatura < 5°C non deve essere computato come tempo di maturazione.

Per limitare la perdita d’acqua per evaporazione si dovranno adottare uno o più dei seguenti metodi:

- mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato (3 -7 gg);
- coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica, a tenuta di vapore, assicurati ai bordi e nei punti di giunzione;
- mettere in opera coperture umide sulla superficie in grado di proteggere dalla essiccazione;
- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l’apporto di acqua
- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti) per la protezione delle superfici.

I prodotti filmogeni di protezione “curing” non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali, a meno che il prodotto non venga completamente rimosso prima delle operazioni o che si sia verificato che non ci siano effetti negativi nei riguardi dei trattamenti successivi, salvo specifica deroga da parte della Direzione Lavori. Per eliminare il film dello strato protettivo dalla superficie del calcestruzzo si può utilizzare la sabbatura o l’idropulitura con acqua in pressione. La colorazione del prodotto di “curing” serve a rendere visibili le superfici trattate. Si devono evitare, nel corso della stagionatura, i ristagni d’acqua sulle superfici che rimarranno a vista.

Per aumentare la durabilità del , è opportuno aumentare il tempo di protezione e maturazione di cui alle tabelle superiori di almeno un giorno.

Per una corretta stagionatura del calcestruzzo è necessario seguire le seguenti disposizioni:

1. Prima della messa in opera:
  - saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante;
  - la temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera deve essere non superiore ai 30°C, raffreddando, se necessario, gli aggregati e l’acqua di miscela.
2. Durante la messa in opera:
  - erigere temporanee barriere frangivento;
  - erigere protezioni temporanee contro l’irraggiamento diretto del sole;
  - proteggere il calcestruzzo con coperture temporanee, quali fogli di polietilene nell’intervallo fra la messa in opera e la finitura;
  - ridurre il tempo fra la messa in opera e l’inizio della stagionatura protetta.
3. Dopo la messa in opera:
  - minimizzare l’evaporazione proteggendo il calcestruzzo immediatamente dopo la finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura;
  - la massima temperatura ammissibile all’interno delle sezioni è di 70°C;
  - la differenza massima di temperatura fra l’interno e l’esterno è di 20°C;
  - la massima differenza di temperatura fra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di 15°C .

E’ compito dell’Appaltatore porre in opera tutte le opportune cautele prescritte, mentre è a carico della Direzione Lavori specificarne le modalità di ispezione e di controllo, sentito il progettista strutturale.

#### **VARIE**

##### **Planarità generale**

L’errore percentuale di planarità “d” misurato mediante un regolo lungo 3 m posto sulla superficie da controllare, viene espresso da

$$d = h/L$$

h = massima altezza rilevata tra la superficie del calcestruzzo e la base del regolo, espressa in millimetri

L = lunghezza del regolo, espressa in millimetri.

Per le classi previste, l’errore di planarità non dovrà essere superiore a:

Classe A - d = 0.4%

Classe B - d = 0.6%

Classe C - d = 1.0%

##### **Planarità locale**

L'errore di planarità locale "e" viene misurato mediante un regolo di 20 cm, comunque posto sulla superficie da controllare, rilevando i valori massimi delle sporgenze e delle rientranze.

Per le classi previste, l'errore di planarità locale non dovrà essere superiore a:

- Classe A - e = 3 mm
- Classe B - e = 6 mm
- Classe C - e = 10 mm

**Gradini dovuti al posizionamento dei casseri**

Qualora tra singole zone di una superficie di conglomerato cementizio vi siano differenze di altezza, appositamente predisposte o fortuite, lo scarto "f" sulla differenza progettuale di altezza tra le zone (per superfici piane la differenza progettuale è zero) non dovrà essere, per le classi previste, superiore a:

- Classe A - f = 3 mm
- Classe B - f = 6 mm
- Classe C - f = 10 mm

**Giunti tra elementi**

I giunti tra gli elementi di conglomerato cementizio, siano essi effettivi o fittizi, dovranno essere rettilinei ed avere larghezza uniforme con la tolleranza qui sotto specificata. Rilevato su ciascun elemento lo scarto massimo rispetto allo spigolo rettilineo teorico, si definisce errore totale sul giunto la somma dei valori assoluti degli scarti massimi rilevati.

L'errore totale ammesso "g" è, per le classi previste, il seguente, ove "L" è la larghezza progettuale del giunto:

- Classe A - g = 0.3 L
- Classe B - g = 0.5 L
- Classe C - g = 0.7 L

con un valore max, però, rispettivamente di:

- Classe A - 8 mm
- Classe B - 10 mm
- Classe C - 15 mm

**Distanza fra i motivi decorativi**

Il rapporto "r" tra la distanza reale e la distanza teorica tra i motivi decorativi previsti in progetto dovrà essere, per le classi previste, compreso tra i seguenti valori:

- Classe A - r = 0.9 / 1.1
- Classe B - r = 0.7 / 1.3
- Classe C - r = 0.5 / 1.5

**E - Tolleranze**

I getti dovranno essere eseguiti con le seguenti tolleranze massime accettabili, fermo restando quanto stabilito ai punti precedenti sulla classificazione degli stati superficiali del calcestruzzo.

- fuori piano (distanza di uno dei vertici dal piano definito dagli altri tre): max 10 mm per ogni metro di distanza dallo spigolo più vicino con un max di 30 mm;
- lunghezze: 1/200 della dimensione nominale con un max di 30 mm; la somma degli scarti tollerati tra gli elementi contigui sommandosi sarà inferiore alla tolleranza max di 30 mm;
- il fuori piombo max delle strutture verticali potrà essere pari ad 1/200 dell'altezza della struttura stessa, con un max di 20 mm.

**F - Caratteristiche dei calcestruzzi**

Se non diversamente specificato, si dovranno impiegare calcestruzzi con le seguenti caratteristiche nella realizzazione delle strutture appresso indicate.

1	2	3	4	5	6	7
Strutture orizzontali ed in elevazione sopra la quota delle fondaz.	Rck 250					
	Rck 300	U	Ptl.	20	2	20
	Rck 350					
Fondazioni	Rck 250	U	Ptl.	30	2	20
Sottofondazioni	Rck 150	U	Ptl.	20	2	-

- 1 = Tipi di strutture
- 2 = Resistenza caratteristica garantita
- 3 = Categoria
- 4 = Cemento
- 5 = Fusso granulometrico
- 6 = Slump senza additivo
- 7 = Slump con additivo

**G - Requisiti particolari**

**Calcestruzzo per c.a.p.**

Non potranno essere utilizzati conglomerati con  $R_{ck} < 300 \text{ Kg/cm}^2$ .

Calcestruzzo camere blindate (caveaux)

Se non diversamente specificato, dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- appartenere alla classe R 425 o superiore ai sensi del D.M. 27.7.85 pubblicato nel supplemento alla Gazzetta Ufficiale n. 113 del 17.5.86 e successive modificazioni;
- essere conforme alle prescrizioni della "ANIA";
- essere costituito con inerti di base appartenenti ai gruppi dei porfidi, graniti o basalti oppure con altri che comportino un'equivalente resistenza all'usura del conglomerato;
- avere una distribuzione granulometrica che preveda una dimensione massima non inferiore a 20 mm.

**Protezione al fuoco**

Se non diversamente specificato, le opere in calcestruzzo dovranno essere realizzate in modo tale da garantire una resistenza al fuoco conforme alla normativa vigente in materia sulla protezione e prevenzione incendio.

I requisiti di resistenza al fuoco degli elementi strutturali vanno valutati secondo le prescrizioni e le modalità di prova stabilite nelle disposizioni contenute nel Decreto Ministeriale inerente l'edilizia scolastica ed eventuali modificazioni, integrazioni o aggiornamenti.

## SEZIONE 4 - STRUTTURE PREFABBRICATE IN ACCIAIO

### 4.1 Generalità

Tutte le strutture prefabbricate, con particolare riguardo all'acciaio e relativi prodotti per uso strutturale devono essere:

- **identificati** univocamente a cura del produttore, secondo le procedure applicabili;
- **qualificati** sotto la responsabilità del produttore, secondo le procedure applicabili;
- **accettati** dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali d'accettazione.

L'Impresa sarà tenuta a presentare, a propria cura e spese, in tempo utile, all'esame ed all'approvazione della Direzione dei lavori, prima dell'approvvigionamento dei materiali:

a) elaborati progettuali esecutivi di cantiere comprensivi dei **disegni esecutivi d'officina e di montaggio**, sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura, nonché la qualità degli acciai da impiegare, sollecitazioni in fase di montaggio, coerentemente agli elaborati progettuali presenti,

b) tutte le indicazioni di cantiere necessarie alla corretta impostazione ed innesto delle strutture metalliche sulle opere di fondazione (**collegamento nodi acciaio-c.a.**), in accordo con gli elaborati progettuali posti a base di gara e nel rispetto della norma UNI10090, se pertinente.

I suddetti elaborati dovranno essere redatti a cura e spese dell'Appaltatore, sentito il progettista delle strutture: essi dovranno essere visti dalla D.L., prima che si possano porre in opera il rimontaggio delle strutture.

Gli acciai ammessi per le strutture in progetto sono del **tipo s275**.

Sono ammessi i collegamenti bullonati esclusivamente se realizzati con **bulloni ad alta resistenza di classe 8.8** (o superiore): viti cl. 10.9 - dadi 10 (fyb = 900 N/mm<sup>2</sup>, ftb = 1000 N/mm<sup>2</sup>).

E' consentito l'impiego d'acciaio inossidabile per la realizzazione di strutture metalliche.

Per quanto non espressamente indicato, in quanto compatibile, si rimanda alle "Generalità d'impiego, messa in opera degli acciai da c.a, protezione" ed "acciaio-definizioni" del capitolo riguardante le "ARMATURE D'ACCIAIO ORDINARIO".

L'acciaio costituente le membrature, le saldature ed i bulloni deve essere conforme ai requisiti riportati nelle norme sulle costruzioni in acciaio.

Per le zone dissipative si applicano le seguenti regole aggiuntive:

- per gli acciai da carpenteria il rapporto fra i valori caratteristici della tensione di rottura f<sub>tk</sub> (nominale) e la tensione di snervamento f<sub>yk</sub> (nominale) deve essere maggiore di 1,20;
- l'allungamento a rottura A<sub>5</sub>, misurato su provino standard, deve essere non inferiore al 20%;
- la tensione di snervamento massima f<sub>y,max</sub> deve risultare f<sub>y,max</sub> ≤ 1,2 f<sub>yk</sub>;
- i collegamenti bullonati devono essere realizzati con bulloni ad alta resistenza di classe 10.9.

### 4.2 SALDATURE

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei **procedimenti all'arco elettrico** codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale: di essi deve essere data comunicazione alla Direzione dei Lavori prima della messa in opera.

Potranno essere impiegati prioritariamente i seguenti procedimenti di saldatura:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica o semiautomatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica a filo continuo pieno o animato sotto gas di protezione (CO<sub>2</sub> o sue miscele).

Le preparazioni di saldatura dovranno avere le dimensioni eventualmente illustrate nei disegni costruttivi e rispondenti ai requisiti delle UNI in vigore.

Dove necessario i lembi dovranno essere preparati tramite lavorazione di macchina, molettatura o assitaglio che dovrà essere regolarizzato da successiva molatura.

I lembi al momento della saldatura devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi e ogni altro materiale estraneo.

Nel caso siano richieste saldature di testa o a T a piena penetrazione dovranno essere zincate e molate alla radice fino a trovare metallo esente da difetti e successivamente completate.

Nell'assemblare e saldare parti di una struttura il procedimento e la sequenza di saldatura dovranno essere idonei ad evitare inutili distorsioni e a rendere minime le sollecitazioni dovute al ritiro di saldatura. Le giunzioni saldate di testa saranno di 1 classe e devono soddisfare i limiti di difetti richiesti per il raggruppamento B della UNI 7278 e s.m.i..

I giunti con cordoni d'angolo devono essere considerati come appartenenti ad un'unica classe caratterizzata da una ragionevole assenza di difetti interni e di nicchie di strappo sui lembi dei cordoni.

**I saldatori** nei procedimenti semiautomatici e manuali **dovranno essere qualificati** secondo la norma UNI EN 287-1:2004 e s.m.i. da parte di un Ente terzo. A deroga di quanto richiesto nella norma UNI EN287-1:2004, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto per l'esecuzione di giunti testa-testa.

**Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati** secondo la norma UNI EN 1418:1999 e s.m.i.. Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 15614-1:2005.

Le durezza eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555:2001 e s.m.i.; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 dell'appendice A della stessa norma.

Secondo la norma, le organizzazioni che realizzano strutture saldate, o parti di esse, in acciaio o in alluminio, devono eseguire tali attività in accordo alle parti rilevanti delle norme della serie UNI EN ISO 3834. La relazione tra le classi di esecuzione delle strutture e le norme UNI EN ISO 3834 applicabili è contenuta all'interno della norma EN 1090-1. Inoltre, l'EN 1090 richiama a riferimento anche ad altri standard di qualifica dei procedimenti e degli operatori di saldatura quali ISO 14731, ISO 9606-1 e EN ISO 15614. I prodotti interessati dalla norma riguardano, nella fattispecie, anche magazzini e fabbriche, tetti, ponti, gru, strutture di ingegneria idraulica e componenti di edifici di uso generale.

**Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.**

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011:2005 parti 1 e 2 e s.m.i. per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1:2005 e s.m.i..

**Le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali** per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

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

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, in aggiunta a quello visivo al 100%, saranno definiti unicamente dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. liquidi penetranti o polveri magnetiche), mentre per i giunti a piena penetrazione, oltre a quanto sopra previsto, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione. Tutte le prove sono a carico della ditta appaltante. Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN 12062:2004 e s.m.i.. Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN 473:2001 almeno di secondo livello.

Il controllo delle saldature avverrà:

- a) ESAME VISIVO: le saldature saranno sottoposte ad un accurato controllo visivo per la ricerca dei difetti superficiali e per valutare la regolarità dei cordoni.
- b) ESAME MAGNETOGRAFICO: sarà utilizzato per la ricerca di difetti superficiali e superficiali, la tecnica esecutiva sarà conforme a quanto indicato nella norma UNI 7704, classe di controllo 52. I difetti che possono essere caratterizzati come nicchie superficiali o non emergenti in superfici non saranno accettati;
- c) ESAME ULTRASUONO: sarà eseguito su eventuali giunti a T a piena penetrazione con le modalità riportate sulla norma UNI 8387 (2<sup>a</sup> classe). Non saranno accettate incollature, e mancanza di penetrazione al vertice;
- d) ESAME RADIOGRAFICI: sarà eseguito su eventuali giunti testa a testa con le modalità riportate nella norma UNI 8956 classe di sensibilità radiografica 2<sup>a</sup>. Potranno essere utilizzate apparecchiature a raggi X oppure sorgenti di raggio Y.

In particolari condizioni non è possibile svolgere il controllo ultrasuono.

I suddetti controlli saranno eseguiti da personale qualificato almeno al 2° livello.

Oltre alle prescrizioni applicabili di cui al § 11.3.1.7 del D.M. 14/01/2008, il costruttore deve corrispondere a quanto segue.

- manufatti realizzati mediante giunzioni saldate: **il costruttore deve essere certificato** secondo la norma UNI EN ISO 3834:2006 parti 2 e 4 e s.m.i. ;
- **il livello di conoscenza tecnica del personale di coordinamento delle operazioni di saldatura** deve corrispondere ai requisiti riassunti nella Tab. 11.3.XI di seguito riportata.

Allo scopo di ottemperare a quanto prescritto dovrà fornire la seguente documentazione:

- a) liste generali di saldatura, tipi di saldatura, procedimenti e materiali di saldatura utilizzati;
- b) descrizione dei procedimenti di saldatura e relative qualifiche;
- c) elenco saldatori e loro qualifica.
- d) certificazione di qualità del costruttore;
- e) **tutto quanto indicato nelle norme UNI10090 parte II.**

Il costruttore deve produrre tale ulteriore documentazione e porla all'attenzione della Direzione dei Lavori, prima ancora di operare in cantiere.

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

Le saldature in cantiere dovranno essere eseguite con procedimento manuale ad elettrodo rivestito.

Gli elettrodi da impiegare dovranno essere a rivestimento basico omologati sec. UNI 5132 e s.m.i. nelle classe E44/E52 CL 4B; l'impiego di elettrodi omologati secondo UNI 5132 esula da prova di qualifica del procedimento;

L'impiego dei procedimenti a filo continuo pieno e animato e di quello ad arco sommerso è subordinato alla qualifica dei procedimenti stessi, secondo l'attuale quadro normativo.

### 4.3 CONTROLLI IN CORSO DI LAVORAZIONE

I controlli in cantiere, demandati al Direttore dei Lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le e indicazioni di cui al precedente § 11.3.3.5.3 del d.m. 14/01/2008, effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura, di elementi lavorati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del d.m. 14/01/2008, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le disposizioni di cui al precedente § 11.3.3.5.3 del d.m. 14/01/2008.

L'Impresa dovrà essere in grado di individuare e documentare, in ogni momento, la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei lavori.

Alla Direzione dei lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire, in ogni momento della lavorazione, tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Ogni volta che le strutture metalliche lavorate si rendono pronte per il collaudo, l'Impresa informerà la Direzione dei lavori, la quale fornirà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

### 4.4 MONTAGGIO

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovra sollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la contro freccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere attuata solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere all'alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risultasse superiore al diametro sopraccitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave pneumatica, purché questo venga controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da laboratorio ufficiale in data non anteriore ad un mese.

Per le unioni con bulloni, l'Impresa effettuerà un controllo di serraggio su un numero adeguato di bulloni, alla presenza della Direzione dei lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata e, in particolare, quelle riguardanti:

- l'ingombro delle zone interessate;
- le interferenze con i servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

Nella posa in opera dei manufatti sono anche compresi tutti gli oneri ad essa connessi, quali ad esempio: il trasporto, lo scarico, l'immagazzinamento nel deposito di cantiere, il sollevamento ed il trasporto fino al sito di collocamento, qualsiasi opera provvisoria, di protezione e mezzo d'opera occorrente, ogni materiale di consumo, l'impiego di ogni mano d'opera specializzata, eventuale spicconature d'intonaco, eventuali scalpellamenti e tagli di murature e di conglomerati cementizi, l'esecuzione di ogni altra lavorazione nelle pietre e nei marmi, le murature di grappe, tutte le ferramenta accessorie, la rincocciatura, le stuccature, la ripresa delle murature, dei conglomerati cementizi, degli intonachi e dei rivestimenti, nonché quanto altro occorra per dare l'opera completamente e perfettamente finita e rifinita.

I manufatti metallici collocati definitivamente in opera dovranno risultare posti nella loro esatta posizione e, se mobili, dovranno avere regolare, libero, completo e perfetto movimento: in caso contrario sarà a carico dell'Appaltatore ogni opera necessaria, ogni riparazione ed ogni correzione per eliminare qualsiasi imperfezione che venisse riscontrata fino all'approvazione del collaudo, restando l'Appaltatore stesso obbligato al risarcimento degli eventuali danni conseguenti.

Ogni guasto arrecato ai manufatti nel loro collocamento in opera ed i danni che venissero apportati alle eventuali verniciature dovranno essere riparati a spese dell'Appaltatore.

Tanto durante la giacenza in cantiere, quanto durante il loro trasporto, sollevamento e collocamento in opera, l'Appaltatore dovrà aver cura che i manufatti non abbiano a subire guasti o lordeure, proteggendoli convenientemente dagli urti, dalla calce, ecc. sia nelle superfici che negli spigoli.