



# Comune di Taranto

Direzione Ambiente Salute Qualità della Vita

CIG: Z6926BF262

## PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III

### PROGETTO DEFINITIVO

#### RTP DI PROGETTAZIONE:

CAPOGRUPPO:



MANDANTE:

Dott. Agronomo A. Secreti

#### GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

Geologia	Dott. Geol. G. Cerchiaro
Geotecnica	Ing. G. Civitate
Monitoraggio geotecnico	Dott. Geol. G. De Fazio
Rilievi e indagini	Dott. Geol. C. Leonetti
Idraulica	Ing. E. Barbieri
Idrologia	Ing. M. Iacucci
Interferenze e cantierizzazione	Ing. D. Chiera
Opere strutturali	Ing. F. Conte
Ambiente	Ing. V. Bonifati
Pesaggio	Arch. E. Bruno
Arredo urbano	Ing. D. Nucci
Stime e capitolati	Ing. F. Trovati
Responsabile unità di progettazione	Ing. V. Secreti

RESPONSABILE INTEGRAZIONI PRESTAZIONI SPECIALISTICHE E COORDINATORE DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:  
Ing. Vincenzo Secreti



RESPONSABILE GEOLOGIA:  
Dott. Geol. Giuseppe Cerchiaro



RESPONSABILE INSERIMENTO NEL CONTESTO PAESAGGISTICO:  
Arch. Edoardo Bruno



RESPONSABILE DELLE INDAGINI AGRONOMICHE:  
Dott. Agr. Aldo Secreti



#### TITOLO ELABORATO:

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO - NORME TECNICHE

CODICE ELABORATO: PD A 112 IV E19 00 TE DOC 04 A

SCALA:

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	18/12/2019	EMISSIONE	D. Chiera	G. Cerchiaro	V. Secreti

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Dott.ssa A. Ferilli



## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>MOVIMENTI DI TERRA E DEMOLIZIONI</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>SCAVI</b>	<b>6</b>
2.1.1	Scotico	6
2.1.2	Scavi di sbancamento	6
2.1.3	Sistemazione delle scarpate in trincea	7
<b>2.2</b>	<b>RILEVATI</b>	<b>8</b>
2.2.1	Scotico	8
2.2.2	Strato anticapillare	8
2.2.3	Geosintetici per rinforzo del piano di posa	8
<b>2.3</b>	<b>DEMOLIZIONI</b>	<b>9</b>
2.3.1	Piano della demolizione	9
2.3.2	Prescrizioni particolari per le demolizioni integrali o parziali di strutture complesse	10
2.3.3	Prescrizioni particolari per le idrodemolizioni	10
<b>2.4</b>	<b>CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE</b>	<b>10</b>
2.4.1	Scavi di sbancamento	11
2.4.2	Trasporti a discarica o da cava di prestito	11
<b>2.5</b>	<b>CONTROLLI</b>	<b>11</b>
2.5.1	Disposizioni generali	11
2.5.2	Prove di laboratorio	12
2.5.3	Prove di controllo in fase esecutiva	12
2.5.4	Prove di controllo sul piano di posa	12
2.5.5	Controllo scavi	13
<b>2.6</b>	<b>NORMATIVE DI RIFERIMENTO</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>SCOPO, CAMPO DI APPLICAZIONE, ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI</b>	<b>14</b>
3.1.1	Scopo	14
3.1.2	Campo di applicazione	14
3.1.3	Oneri per l'esecuzione delle prove	14
3.1.4	Preavvisi	14
<b>3.2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b>	<b>14</b>
<b>3.3</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI</b>	<b>14</b>
3.3.1	Cemento	14
3.3.2	Aggiunte: ceneri volanti e microsilice	15
3.3.3	Ceneri volanti	15
3.3.4	Microsilice (fumi di silice/silica fume)	15
3.3.5	Aggregati	15
3.3.6	Acqua d'impasto	16
3.3.7	Acciaio da cemento armato e da precompressione	16
3.3.8	Additivi	16
3.3.9	Additivi fluidificanti e superfluidificanti	16
3.3.10	Additivi aeranti	17
3.3.11	Additivi ritardanti	17
3.3.12	Disarmanti	17
3.3.13	Antievaporanti	17
<b>3.4</b>	<b>CARATTERISTICHE DELLE MISCELE</b>	<b>17</b>



3.4.1	Classi di resistenza	17
3.4.2	Granulometria degli aggregati	19
3.4.3	Rapporto acqua/cemento	20
3.4.4	Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio	20
3.4.5	Lavorabilità	20
3.4.6	Acqua essudata	20
3.4.7	Prescrizioni per la durabilità dei calcestruzzi	21
<b>3.5</b>	<b>CALCESTRUZZO GETTATO IN OPERA: PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA IN OPERA</b>	<b>21</b>
3.5.1	Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere	21
3.5.2	Cemento	21
3.5.3	Aggregati	22
3.5.4	Pesatura e miscelazione	22
3.5.5	Trasporto e scarico	23
3.5.6	Getto e manutenzione del conglomerato cementizio	23
3.5.7	Stagionatura e disarmo	25
3.5.8	Caratteristiche estetiche	26
3.5.9	Ripristini e stuccature	26
3.5.10	Tolleranze costruttive	26
3.5.11	Armature per c.a.	27
<b>3.6</b>	<b>PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO: QUALIFICA IMPIANTI E CONFEZIONAMENTO</b>	<b>27</b>
3.6.1	Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione	27
3.6.2	Controllo delle casseforme	28
3.6.3	Posizionamento delle armature	28
3.6.4	Esecuzione getto	28
<b>3.7</b>	<b>CALCESTRUZZI SPECIALI</b>	<b>30</b>
3.7.1	Calcestruzzo Reodinamico SCC	30
3.7.2	Calcestruzzi leggeri	31
3.7.3	Calcestruzzo proiettato (CP)	32
<b>3.8</b>	<b>CASSEFORME</b>	<b>33</b>
3.8.1	Caratteristiche delle casseforme	33
3.8.2	Pulizia e trattamento	34
3.8.3	Giunti e riprese di getto	34
3.8.4	Legature delle casseforme e distanziatori delle armature	34
3.8.5	Predisposizione di fori, tracce, cavità, etc.	34
3.8.6	Disarmo	34
<b>3.9</b>	<b>MAGRONI E MALTE</b>	<b>34</b>
3.9.1	Magroni	34
3.9.2	Malta di livellamento	35
3.9.3	Malte speciali per inghisaggi	35
3.9.4	Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione	35
3.9.5	Caratteristiche della miscela fluida	35
3.9.6	Resistenza meccanica	35
3.9.7	Modalità di preparazione e iniezione	36
<b>3.10</b>	<b>ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.</b>	<b>36</b>
3.10.1	Approvvigionamento dell'acciaio in barre	36
3.10.2	Controllo del peso e della sezione	36
3.10.3	Controllo di qualità	36
3.10.4	Giunzioni e saldature	37
3.10.5	Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a.	37
3.10.6	Posizionamento delle armature di precompressione	37
3.10.7	Tesatura delle armature di precompressione	38
<b>3.11</b>	<b>QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO</b>	<b>38</b>
3.11.1	Studi preliminari di pre-qualifica	38



3.11.2	Qualifica della miscela all'impianto	38
3.11.3	Pre-qualifica e qualifica all'impianto	39
3.11.4	Controlli in corso d'opera	41
<b>3.12</b>	<b>PROVE DI CARICO</b>	<b>42</b>
<b>3.13</b>	<b>SPECIFICHE CONTROLLO QUALITA'</b>	<b>42</b>
3.13.1	Opere in conglomerato cementizio	42
3.13.2	Confezionamento conglomerato cementizio	45
3.13.3	Prequalifica dei ferri d'armatura per calcestruzzo armato	54
3.13.4	Manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio	55
3.13.5	Prefabbricati in cemento armato precompresso	57
<b>3.14</b>	<b>ALLEGATI</b>	<b>59</b>
3.14.1	ALLEGATO 1 : PROVE PARTICOLARI SU CALCESTRUZZO	59
3.14.2	ALLEGATO 2: FORMULARIO DI VALUTAZIONE CAVE DI INERTI	60
3.14.3	ALLEGATO 3: FORMULARIO DI VALUTAZIONE IMPIANTI DI INERTI VAGLIATI E/O FRANTUMATI	62
3.14.4	ALLEGATO 4: PROCEDIMENTO DI TARATURA DELLA CENTRALE DI BETONAGGIO	63
<b>3.15</b>	<b>APPENDICI</b>	<b>64</b>
3.15.1	APPENDICE 1: CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI	64
3.15.2	APPENDICE 2: RIFERIMENTI NORMATIVI	66
<b>4</b>	<b>ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA</b>	<b>73</b>
4.1	GENERALITÀ	73
4.2	MATERIALI	73
4.3	PRESCRIZIONI SULLE SALDATURE	73
4.4	COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI	75
4.4.1	Controllo di produzione in stabilimento	75
4.4.2	Controllo nei centri di trasformazione	75
4.4.3	Controlli di accettazione nei cantieri	76
4.4.4	Collaudo dimensionale e di lavorazione	76
4.5	MONTAGGIO	76
4.6	SPECIFICA DI CONTROLLO	77
4.6.1	DISPOSIZIONI GENERALI	77
4.6.2	IMPALCATI E OPERE ACCESSORIE E COMPLEMENTARI IN ACCIAIO	77
4.7	PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO	78
<b>5</b>	<b>ACCIAIO COR-TEN</b>	<b>79</b>
5.1	Formatura a freddo	79
5.2	Formatura a caldo	79
5.3	Saldatura	79
5.4	Prescrizioni particolari	79
5.5	Assimilabilità per impiego	79
5.6	Montaggio	79
<b>6</b>	<b>FONDAZIONI PROFONDE</b>	<b>80</b>
6.1	PALI E MICROPALI	80
6.1.1	PALI INFISSI	81
6.1.2	MATERIALI DA UTILIZZARE	83



<b>6.2</b>	<b>PROVE DI CARICO</b>	<b>83</b>
<b>6.3</b>	<b>NORME GENERALI</b>	<b>84</b>
<b>6.4</b>	<b>CRITERI DI MISURA</b>	<b>84</b>
6.4.1	PALI	84
<b>6.5</b>	<b>NON CONFORMITÀ</b>	<b>85</b>
<b>6.6</b>	<b>COLLAUDO</b>	<b>85</b>
<b>6.7</b>	<b>MANUTENZIONE</b>	<b>85</b>
<b>6.8</b>	<b>NORMATIVE E RIFERIMENTI</b>	<b>85</b>
<b>7</b>	<b>OPERE IN VERDE</b>	<b>87</b>
<b>7.1</b>	<b>MATERIALE VEGETALE</b>	<b>87</b>
7.1.1	Sementi	87
7.1.2	Piante bulbose, tuberose e rizomatose	89
7.1.3	Piante erbacee annuali, biennali e perenni da fiore	89
7.1.4	Piante rampicanti, tappezzanti, sarmentose e ricadenti	89
7.1.5	Arbusti, Siepi e Cespugli	89
7.1.6	ALBERI	90
7.1.7	Tappeto Erboso in Zolle	93
<b>7.2</b>	<b>MATERIALE DI CONSUMO</b>	<b>93</b>
7.2.1	Terra di coltura	93
7.2.2	Substrati di coltivazione	94
7.2.3	Fertilizzanti, Concimi, Ammendanti, Correttivi, Compost	94
7.2.4	Prodotti fitosanitari	95
7.2.5	Pali di Sostegno, Ancoraggi e Legature	95
7.2.6	Acqua per irrigazione	96
7.2.7	Materiale per irrigazione	96
7.2.8	Materiale di rivestimento scarpate: Georete, Biostuoie, Stuoie sintetiche, ecc	96
<b>7.3</b>	<b>LAVORAZIONI</b>	<b>96</b>
7.3.1	Fresatura e Sarchiatura	96
7.3.2	Sistemazione delle scarpate	96
7.3.3	Preparazione buche e fossi	97
7.3.4	Preparazione del terreno per impianto di Alberi e Arbusti	97
7.3.5	Messa a dimora di piante a foglia caduca fornite a radice nuda	98
7.3.6	Messa a dimora di piante sempreverdi e resinose	98
7.3.7	Messa a dimora di piante tappezzanti, erbacee perenni e annuali, rampicanti	98
7.3.8	trapianti	98
7.3.9	Protezione delle piante esistenti da conservare	98
7.3.10	Semine	99
7.3.11	Idrosemina	99
7.3.12	Formazione di fascinate	100
<b>7.4</b>	<b>ACCETTAZIONE E CONTROLLI</b>	<b>100</b>
7.4.1	Accettazione	100
7.4.2	Controlli	100
7.4.3	Laboratori accreditati	101
<b>7.5</b>	<b>MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE</b>	<b>101</b>
7.5.1	Norme generali	101
7.5.2	Criteri di misura	101
<b>7.6</b>	<b>NON CONFORMITÀ E SANZIONI</b>	<b>102</b>
<b>7.7</b>	<b>MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE</b>	<b>103</b>



7.7.1	Inizio degli interventi previsti dal Piano di Mantenimento	103
7.7.2	Verifica degli interventi di manutenzione	103
7.7.3	Principali interventi di manutenzione delle opere a verde	103
<b>7.8</b>	<b>GARANZIA DI ATTECCHIMENTO DELLE PIANTE DI NUOVO IMPIANTO</b>	<b>103</b>
7.8.1	Sostituzione delle piante	104
7.8.2	Deposito a garanzia o polizza fidejussoria	104
<b>7.9</b>	<b>COLLAUDO</b>	<b>104</b>
<b>7.10</b>	<b>APPENDICE</b>	<b>104</b>
7.10.1	INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE	104
<b>8</b>	<b>APPENDICE</b>	<b>106</b>
<b>8.1</b>	<b>CONTROLLI SUI FANGHI</b>	<b>106</b>
8.1.1	Controllo del fango bentonitico	106
8.1.2	Controllo del fango biodegradabile	106
8.1.3	Controllo del fango polimerico	107
<b>8.2</b>	<b>TECNICA DI PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI</b>	<b>107</b>
8.2.1	Prove su pali di grande diametro	107
8.2.2	Prove di carico su micropali	113



## 1 **PREMESSA**

---

Il presente capitolato è parte integrante del Progetto Definitivo dei lavori di “*PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III*”.

## 2 **MOVIMENTI DI TERRA E DEMOLIZIONI**

---

### PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

Il presente Capitolo contiene le prescrizioni, gli oneri di carattere generale, ed i controlli da eseguire, relativi alle lavorazioni di movimento terra e di demolizione inerenti il corpo stradale, con particolare riferimento a:

- Scavi;
- Rilevati;
- Cunette, fossi di guardia, inalveazioni, ecc.;
- Riempimenti e rinterrii;
- Demolizioni di qualsiasi genere.

Non sono comprese nella presente sezione, in quanto inserite nei corrispondenti capitoli, le lavorazioni afferenti alle opere minori consolidamento, e protezioni.

Tutte le attività descritte, con particolare riferimento alla definizione delle quantità di scavo, alla stima, all'interno di queste, delle aliquote riutilizzabili nell'ambito dei lavori, al fabbisogno di materie per la formazione dei rilevati e, infine, delle rimanenti quantità di scarto, da conferire in idonei siti di deposito definitivo, sono definite in sede di progettazione definitiva ed esecutiva.

### **2.1 SCAVI**

#### **2.1.1 Scotico**

Lo scotico consiste, negli scavi in trincea, nella rimozione ed asportazione del suolo, del terreno vegetale di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua, nella rimozione ed asportazione di erba, radici, cespugli, piante e alberi, da effettuarsi preventivamente a tutte le lavorazioni di scavo, avendo cura di rimuovere completamente tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, alterando il meno possibile la consistenza originaria del terreno in sito.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, e nei quantitativi già stabiliti nel Progetto Esecutivo, potrà essere accantonato per essere successivamente utilizzato per il rivestimento delle scarpate; altrimenti esso dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni sopra descritte, il costipamento del fondo scavo ed il riempimento con materiali idonei. Tali operazioni vengono dettagliatamente descritte nei successivi paragrafi.

La larghezza dello scotico ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni previste nel Progetto Esecutivo, o impartite dalla D.L., in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di cm 20 al di sotto del piano campagna.

#### **2.1.2 Scavi di sbancamento**

##### **2.1.2.1 Descrizione**

Comprendono i movimenti terra di grande entità, eseguiti generalmente all'aperto, senza particolari limitazioni sia fuori che in acqua, ovvero gli scavi non chiusi ed occorrenti per:

- gradonature di ancoraggio dei rilevati su pendenze superiori al 20%;
- bonifica del piano di posa dei rilevati;
- spianamento del terreno;
- taglio delle scarpate di trincee o rilevati;
- formazione o approfondimento di cunette, di fossi e di canali



### 2.1.2.2 Modalità esecutive

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto o, laddove previsto in progetto al fine di contenere il disturbo da vibrazioni, di materiali espansivi.

Nell'esecuzione dei lavori di scavo l'Impresa dovrà scrupolosamente rispettare le prescrizioni di seguito elencate, assumendosene l'onere:

- Profilare le scarpate, rifinire il fondo e le pareti degli scavi secondo le indicazioni ed i disegni di Progetto Esecutivo. Qualora il fondo degli scavi risultasse smosso, l'Impresa provvederà a compattarlo fino ad ottenere una compattazione pari al 95% della massima massa volumica del secco ottenibile in laboratorio (Prova di compattazione AASHO modificata) (UNI EN 13286).
- Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla D.L., scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove ed analisi per la definizione delle caratteristiche geotecniche.
- Recintare e apporre sistemi di segnaletica, diurna e notturna, intorno alle aree di scavo.
- Provvedere, a proprie cure, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi, in accordo con quanto prescritto dai documenti di progetto, ed in conformità alle norme di sicurezza e compensate con i prezzi relativi (sicurezza).
- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, ecc.) ad evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura, inclusa, ove necessario, la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o provvisoriamente deviate.
- Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della D.L., prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. In caso d'inosservanza a tale norma la D.L. potrà richiedere all'Impresa di rimettere a nudo le parti occultate, senza che questa abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere o compenso.

I materiali ritenuti idonei, nelle quantità e con le modalità descritte in Progetto Esecutivo, dovranno essere trasportati, a cura dell'Impresa, nelle corrispondenti tratte di previsto reimpiego o, ove necessario, in aree di deposito temporaneo. Laddove necessario, questi materiali saranno trattati per ridurli alle dimensioni prescritte dalle presenti norme secondo necessità, ripresi e trasportati nelle zone di utilizzo.

I materiali che, invece, in fase progettuale risultassero non idonei al reimpiego, come formalmente verificato dalla D.L., dovranno essere trasportati a cura dell'Impresa, e conferite, o disposte, nelle aree di deposito definitivo indicate nel Progetto Esecutivo.

### Classificazione dei materiali di scavo

Lo scavo in roccia è comprensivo degli oneri necessari alla riduzione granulometrica del materiale alle dimensioni, e nelle proporzioni, idonee a consentire la sistemazione in rilevato, di seguito descritte.

L'utilizzo, per l'abbattimento di roccia di cui alla cat. A di materiali espandenti, dovrà essere previsto in progetto, limitatamente a quelle aree per le quali si renda necessario contenere il disturbo arrecato dalle vibrazioni nei riguardi di beni o edifici sensibili.

Ai fini della corretta definizione delle lavorazioni i materiali di scavo, con riferimento ai valori di resistenza a compressione uniaassiale del materiale (UCS) deducibile dalle corrispondenti prove di laboratorio, vengono classificati, in fase di Progetto Esecutivo, come di seguito, definendone le relative categorie e quantità.

Categoria Materiali di scavo		UCS (MPa)
A	Roccia da mina	≥ 30 MPa
B	Roccia di media resistenza ( <i>martellone</i> )	10÷30 MPa
C	Terre e roccia tenera	< 10 MPa

La correttezza applicazione di tale classificazione alle diverse tratte del tracciato, nelle proporzioni definite nel Progetto Esecutivo verrà, quindi, verificata in corso d'opera, in contraddittorio con la D.L.

### 2.1.3 Sistemazione delle scarpate in trincea

La profilatura delle scarpate nei tratti in trincea corrisponderà alla configurazione geometrica stabilita in Progetto Esecutivo, sulla base delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti e delle corrispondenti verifiche geotecniche.

Le scarpate potranno essere ricoperte, in funzione della litologia e della pendenza e, comunque, secondo le previsioni di Progetto Esecutivo, da uno strato di terreno e di idonea copertura vegetale. Il terreno vegetale dovrà essere tale da





assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze corrispondenti a quelle previste in Progetto Esecutivo, scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

La semina dovrà essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Laddove, sulla base delle caratteristiche litologiche (presenza di terreni granulari sciolti o facilmente erodibili, di terreni coesivi alterati o soggetti ad erosione accelerata – di tipo calanchivo o simile) sia prevista una propensione delle scarpate ad essere soggette a processi erosivi, il Progetto Esecutivo prevederà le necessarie misure, basate su tecniche di protezione antierosiva (georeti tridimensionali, geostuoie/biostuoie semplici od accoppiate a reti, geocelle e simili). Qualora lungo le scarpate dovessero manifestarsi erosioni od ammaloramenti, dovuti ad imperizia o a negligenze dell'impresa, questa dovrà provvedere al restauro delle zone ammalorate a sua cura e spese e secondo le disposizioni impartite dalla D.L.

Qualora le particolari caratteristiche geologico-litologiche e climatiche (con eventuale rischio per la circolazione stradale di colate di fango rapide) richiedano un rapido e duraturo inerbimento delle scarpate, il Progetto Esecutivo potrà prevedere l'inerbimento mediante sistemi alternativi ai tradizionali, basati su un più rapido e profondo radicamento.

## **2.2 RILEVATI**

### **2.2.1 Scotico**

Lo scotico, laddove realizzato propedeuticamente alla preparazione del piano di posa di rilevati prevede, oltre alle operazioni di asportazione del terreno vegetale, il costipamento del fondo scavo ed il riempimento con materiali idonei. Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, potrà essere accantonato per essere successivamente utilizzato per il rivestimento delle scarpate; altrimenti esso dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

La larghezza dello scotico ha l'estensione dell'intera area di appoggio e potrà essere continua od opportunamente gradonata secondo i profili e le indicazioni previste in Progetto Esecutivo, ovvero fornite dalla D.L., in relazione alle pendenze dei siti di impianto. Lo scotico è stabilito fino alla profondità di cm 20 al di sotto del piano campagna.

### **2.2.2 Strato anticapillare**

La necessità di realizzazione di uno strato con funzione anticapillare dev'essere prevista in fase di Progetto Esecutivo, in relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, connesse alla profondità della superficie piezometrica della falda rispetto al piano di posa del rilevato, alla natura dei terreni presenti in sito, ed alla conseguente stima dell'altezza di risalita capillare, che evidenzia possibili interferenze fra la quota di falda ed il corpo del rilevato stesso.

Tale strato potrà essere realizzato:

- con la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;

con la posa, in alternativa al punto precedente, di un geocomposito con funzione drenante.

#### **2.2.2.1 Strato granulare anticapillare**

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra 30 e 50 cm; sarà composto da materiali aventi granulometria assortita da 2 a 50 mm, con passante al vaglio da 2 mm non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al vaglio UNI 0,075 mm non superiore al 3%.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati.

La stesa di tale strato sarà sempre accompagnata alla posa di uno strato di geotessile non tessuto, con funzione di separazione granulometrica, come da previsioni di Progetto Esecutivo.

Il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prova ogni 1000 mc di materiale posto in opera, salvo maggiori e più restrittive verifiche disposte dalla D.L.

### **2.2.3 Geosintetici per rinforzo del piano di posa**

Qualora i terreni presenti in sito non siano tali da garantire i necessari requisiti di resistenza, il progetto, sulla base degli esiti di specifiche verifiche geotecniche, potrà prevedere l'interposizione, al di sotto del corpo del rilevato, di geogriglie o altri geosintetici con analoga funzione (geotessili tessuti).



Questi materiali dovranno essere dotati di marcatura CE e prodotti da ditte dotate di certificazione in sistema di qualità in conformità alle normative vigenti ISO EN 9001.

Per le geogriglie (in polietilene, poliestere, polipropilene o materiali analoghi) e per i geotessili tessuti le caratteristiche di resistenza a trazione, nella direzione di maggior resistenza, secondo UNI EN 10319, saranno corrispondenti a quelle indicate negli elaborati di Progetto Esecutivo.

Prima della posa del geosintetico, sarà cura dell'impresa preparare il terreno naturale pulendolo da oggetti appuntiti o sporgenti quali ad esempio ceppaie, rami, rocce o altri materiali in grado di produrre lacerazioni. Il terreno non dovrà presentare dislivelli o solchi profondi più di 15 cm. Una volta preparato il piano con adeguata rullatura, si procederà alla stesa dei teli di geosintetico in direzione ortogonale al senso di marcia dei veicoli ad opera finita. I teli dovranno essere ben stesi senza presentare pieghe od ondulazioni.

I singoli teli dovranno essere sovrapposti per almeno 30 cm, o per lunghezze maggiori a seconda di quanto previsto dalle schede tecniche fornite dal produttore, e fissati al terreno, lungo le sovrapposizioni, con graffe metalliche in numero di almeno 4 ogni 25 mq di sovrapposizione. Particolare cura, nelle fasi operative, dovrà essere posta nella realizzazione dei risvolti, prevedendo un'adeguata lunghezza del telo da posare. I lembi di geosintetico da risvoltare dovranno risultare ben stesi e i teli paralleli tra loro.

Il taglio dei singoli pannelli di geotessile da rullo dovrà avvenire senza danneggiare il materiale avvolto o comunque sottostante. Il materiale accidentalmente danneggiato dovrà essere allontanato.

I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm

## 2.3 DEMOLIZIONI

Il presente Capitolo è relativo alle demolizioni.

Le demolizioni di opere d'arte, di fabbricati e di strutture di qualsiasi genere (anche in c.a.p. o di carpenteria metallica) potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

L'Appaltatore dovrà eseguire le demolizioni nel rispetto delle indicazioni contenute nel progetto Esecutivo, nella Normativa richiamata di seguito e nel presente capitolato. Particolare attenzione dovrà essere posta nel rispetto delle prescrizioni di cui agli articoli dal 150 al 156 del DM81/08.

### 2.3.1 Piano della demolizione

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali e dei macchinari, all'esame e all'approvazione della direzione Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione il Piano della demolizione.

Il Piano della demolizione descrive:

- l'estensione dell'intervento.
- il tipo di macchine e materiali da utilizzate.
- le procedure che devono essere attuate per la rimozione e demolizione dei vari elementi costruttivi dell'opera.
- le valutazioni dei rischi inerenti sostanze pericolose presenti nel sito ed i relativi metodi di bonifica.
- la valutazione dei rischi ambientali, in particolare polvere e rumore, e le misure di controllo ed attenuazione.
- le misure di sicurezza, collettiva ed individuale degli operatori, con l'individuazione e prescrizione degli appropriati DPI.
- I punti da trattare nel un Piano della demolizione sono:
- Descrizione del sito e delle condizioni al contorno (vincoli fisici, recettori sensibili ecc).
- Individuazione dei vincoli normativi (presenza materiali inquinanti, gestione dei residui di demolizione ecc.).
- Pianificazione delle operazioni (sequenza operazioni, tipologie di macchine e tecnica di demolizione ecc.).
- Individuazione di apposite misure di protezione collettiva.
- Verifiche sulla stabilità delle strutture nelle fasi transitorie.
- Progetto (calcoli e disegni) delle opere provvisorie di rinforzo e puntellamento.
- Individuazione di apposite misure di protezione ambientale (polveri, vibrazioni, rumore ecc.).
- Individuazione di apposite misure di sicurezza in cantiere.
- Valutazione dei rischi.
- Redazione di apposite procedure di informazione e comunicazione.
- Redazione di apposite procedure di emergenza.



Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo la 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, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori e del Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione dei progetti e dei certificati ricevuti non esonerano in alcun modo l'Appaltatore dalle responsabilità derivanti per legge e per pattuizione di contratto.

Le operazioni di demolizione potranno iniziare soltanto dopo il benestare della D.L.

### **2.3.2 Prescrizioni particolari per le demolizioni integrali o parziali di strutture complesse**

L'Appaltatore dovrà effettuare i lavori di demolizione procedendo in maniera da non compromettere la stabilità delle strutture interessate e di quelle di collegamento, impiegando eventuali opere provvisorie di rafforzamento e puntellamento delle zone interessate, in caso di demolizione parziale, o della struttura nel suo complesso, in caso di demolizione totale. Di regola questo tipo di demolizioni, più propriamente dette decostruzioni, avvengono con procedimenti inversi alla costruzione. Per esse potrà essere previsto anche l'impiego di esplosivi, nel rispetto della vigente normativa in materia.

L'Appaltatore dovrà prevedere ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture residuali e le proprietà di terzi.

Nel caso di demolizioni parziali, o in qualunque altro caso ritenuto opportuno dalla D.L., potrà essere richiesto:

- l'impiego di attrezzature speciali quali seghe circolari, fili diamantati, pinze idrauliche o qualsiasi altra tecnica, in modo da realizzare tagli netti e puliti e contestualmente evitare l'insorgere di vibrazioni e conseguenti danni alle strutture eventualmente da conservare.
- il trattamento con getto di vapore e pressione tale da ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati secondo le disposizioni progettuali.

Il tutto senza alcuna maggiorazione del prezzo in quanto già compreso negli oneri da tenere in considerazione a carico dell'Appaltatore.

Per le demolizioni da eseguirsi su sede stradale in esercizio, l'Appaltatore dovrà adottare anche tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la D.L., coerentemente con i piani di sicurezza, le eventuali esclusioni di traffico che potranno avvenire anche in ore notturne e in giorni determinati.

In particolare, la demolizione di travi di impalcati di opere d'arte o di impalcati di cavalcavia anche a struttura mista, su sede stradale in esercizio, dovrà essere eseguita fuori opera, previa separazione dalle strutture esistenti, sollevamento, rimozione e trasporto di tali porzioni in apposite aree entro le quali potranno avvenire le demolizioni integrali.

### **2.3.3 Prescrizioni particolari per le idrodemolizioni**

La idrodemolizione di strati di conglomerato cementizio dovrà essere effettuata con l'impiego di idonee attrezzature atte ad assicurare getti d'acqua a pressione e portata modulabile.

Gli interventi dovranno risultare selettivi ed asportare gli strati di conglomerato degradati senza intaccare quelli aventi resistenza uguale o superiore.

L'Appaltatore dovrà provvedere all'approvvigionamento dell'acqua occorrente per la demolizione del materiale e alla pulizia finale del sito.

Le attrezzature impiegate dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della D.L., coerentemente con i piani di sicurezza; dovranno essere dotate di sistemi automatici di comando e controllo. Le attività in parola dovranno prevedere idonei sistemi di sicurezza contro la proiezione del materiale demolito, dovendo operare anche in presenza di altri utenti.

## **2.4 CONTABILIZZAZIONE E MISURAZIONE**

Resta stabilito che, per i lavori compensati sia a corpo che a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio, e di sottoporre alla Direzione Lavori per il necessario controllo, tutti i disegni contabili delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti ecc.) delle quantità, parziali e totali, nonché della computazione delle relative quantità di ogni singola categoria di lavoro.

Si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.



- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla D.L. in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati di progetto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la D.L. provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

Se negli scavi si superano i limiti assegnati dal progetto, non si terrà conto del maggior lavoro eseguito e l'Impresa dovrà, a sua cura e spese, ripristinare i volumi scavati in più, utilizzando materiali idonei.

### **2.4.1 Scavi di sbancamento**

Comprendono:

- bonifica del piano di posa dei rilevati oltre la profondità di 20 cm;
- formazione o l'approfondimento di cunette, fossi e canali;
- impianto di opere d'arte;

essi sono eseguiti anche a campioni di qualsiasi lunghezza, a mano o con mezzi meccanici, in materie di qualunque natura e consistenza salvo quelle definite dai prezzi particolari dell'Elenco, asciutte o bagnate, compresi i muri a secco od in malta di scarsa consistenza, compreso le rocce tenere da piccone, ed i trovanti anche di roccia dura inferiori a mc 1,00 ed anche in presenza d'acqua, escluso l'onere di sistemazione a gradoni delle scarpate per ammorsamento di nuovi rilevati; compreso l'onere della riduzione del materiale dei trovanti di dimensione inferiore ad 1 mc alla pezzatura di cm 20 per consentirne il reimpiego a rilevato, compresi il carico e l'allontanamento del materiale di risulta.

La misurazione degli Scavi di Sbancamento e dei Rilevati sarà effettuata con il metodo delle sezioni ragguagliate. All'atto della consegna dei lavori l'Impresa eseguirà, in contraddittorio con la D.L., il controllo delle quote nere delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse, distanze misurate sull'asse di progetto.

In base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opera finita od a parti di essa purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti.

Resta inteso che, sia in trincea sia in rilevato, la sagoma rossa delimitante le aree di scavo o di riporto è quella che segue il piano di banchina, il fondo cassonetto sia della banchina di sosta che della carreggiata e del piazzale, come risulta dalla sezione tipo.

Unità di misura **MC**

### **2.4.2 Trasporti a discarica o da cava di prestito**

I trasporti a Discarica o da Cava di Prestito sono inclusi nei singoli articoli di Elenco Prezzi, fino ad una distanza massima di 5 km dal perimetro del lotto.

Oltre tale distanza viene applicato il relativo sovrapprezzo da Elenco Prezzi, valutato per ogni metro cubo e per ogni km eccedente i primi 5 km.

## **2.5 CONTROLLI**

### **2.5.1 Disposizioni generali**

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quali disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa per poter essere autorizzata ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, terre, calci, cementi, etc.) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla D.L., i relativi Certificati di Qualità rilasciati da un Laboratorio Ufficiale.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale.



I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

La procedura delle prove di seguito specificata, deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e della variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

La frequenza minima delle prove ufficiali sarà imposta dalle puntuali verifiche che il programma di impiego dei materiali, approvato preventivamente dalla D.L., vorrà accertare.

I materiali da impiegare a rilevato, sono caratterizzati e classificati secondo le Norme CNR-UNI 10006/63.

La normativa di riferimento per esercitare i controlli conseguenti, sono indicati nel seguente prospetto:

Categorie di lavoro e materiali	Controlli previsti	Normativa di riferimento
<b>Movimenti di terra</b>		D.M. 11.03.1988 <b>C.LL.PP. n.30483 del 24.09.1988</b>
<b>Piani di posa dei rilevati</b>	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR <b>Prova di carico su piastra</b>	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 <b>B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI</b>
<b>Piani di posa delle fondazioni stradali in trincea</b>	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito CBR <b>Prova di carico su piastra</b>	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 CNR - UNI 10009 <b>B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI</b>
<b>Formazione dei rilevati</b>	Classificazione delle terre Grado di costipamento Massa volumica in sito Prova di carico su piastra CBR <b>Impiego della calce</b>	UNI 13242-UNI 14688-UNI 13285 UNI 13286 B.U.- C.N.R. n.22 B.U.- C.N.R. n.146 A.XXVI CNR - UNI 10009 <b>B.U.- C.N.R. n.36 A VII</b>

### 2.5.2 Prove di laboratorio

Accertamenti preventivi:

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità sull'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- prova di costipamento con energia AASHO Modificata (UNI 13286).

### 2.5.3 Prove di controllo in fase esecutiva

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, inviando i campioni presso un Laboratorio Ufficiale. I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nel competente ufficio Compartimentale previa apposizione dei sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

### 2.5.4 Prove di controllo sul piano di posa

Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea, si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra (CNR 146-1992) e dello stato di addensamento (massa volumica in sito, CNR 22 - 1972). La frequenza delle prove è stabilita in una prova ogni 2000 mq, e comunque almeno una per ogni corpo di rilevato o trincea.



Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La D.L. potrà richiedere, in presenza di terreni “instabili”, l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati

### 2.5.5 *Controllo scavi*

Nel corso dei lavori, al fine di verificare la rispondenza della effettiva situazione geotecnica-geomeccanica con le ipotesi progettuali, la DL, in contraddittorio con l'impresa, dovrà effettuare la determinazione delle caratteristiche del terreno o roccia sul fronte di scavo.

#### a) Prove di laboratorio

Le caratteristiche dei materiali saranno accertate mediante le seguenti prove di laboratorio:

*Terre:*

- analisi granulometrica;
- determinazione del contenuto naturale di acqua;
- determinazione del limite liquido e dell'indice di plasticità, nell'eventuale porzione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332;
- eventuale determinazione delle caratteristiche di resistenza al taglio.

*Rocce:*

- resistenza a compressione monoassiale;

In presenza di terreni dal comportamento intermedio tra quello di una roccia e quello di una terra, le suddette prove potranno essere integrate al fine di definire con maggior dettaglio la reale situazione geotecnica.

La frequenza delle prove dovrà essere effettuata come segue:

- ogni 500 m<sup>3</sup> di materiale scavato e ogni 5 m di profondità dello scavo;
- in occasione di ogni cambiamento manifesto delle caratteristiche litologiche e/o geomeccaniche;
- ogni qualvolta richiesto dalla DL.

#### b) Prove in sito

*Terre:*

si dovrà rilevare l'effettivo sviluppo della stratificazione presente, mediante opportuno rilievo geologico-geotecnico che consenta di identificare le tipologie dei terreni interessati, con le opportune prove di identificazione.

*Rocce:*

si dovrà procedere al rilevamento geologico-geomeccanico, al fine di identificare la litologia presente e la classe geomeccanica corrispondente mediante l'impiego di opportune classificazioni.

Si dovranno effettuare tutte le prove necessarie allo scopo.

Si dovrà in ogni caso verificare la rispondenza delle pendenze e delle quote di progetto, con la frequenza necessaria al caso in esame.

## 2.6 *NORMATIVE DI RIFERIMENTO*

- D.Lgs. 81/08 e s.m.i. "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro"
- D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. "Norme in materia ambientale"
- DECRETO 17 gennaio 2018 . Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»



### **3 OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

#### **3.1 SCOPO, CAMPO DI APPLICAZIONE, ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI**

##### **3.1.1 Scopo**

La presente sezione di capitolato è relativa ai conglomerati e alle malte cementizie. Nel seguito vengono definite le caratteristiche ammissibili per le miscele e per i loro componenti e le modalità esecutive applicabili al fine di ottenere definite caratteristiche prestazionali.

##### **3.1.2 Campo di applicazione**

Le prescrizioni si applicano ai soli calcestruzzi confezionati con aggregati normali e definiti, secondo la UNI-EN 206-1, con struttura chiusa. Le prescrizioni si applicano al calcestruzzo per strutture gettate in sito, prefabbricate, confezionato in impianto localizzato o in cantiere o all'esterno dello stesso o in stabilimento di prefabbricazione, e ai componenti strutturali di edifici e opere in cui venga utilizzato calcestruzzo non armato, armato o precompresso.

##### **3.1.3 Oneri per l'esecuzione delle prove**

Al fine di verificare la rispondenza delle opere eseguite alle specifiche e agli standard prefissati l'Appaltatore dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli previsti dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi richiesti dal Direttore dei Lavori in base a motivate esigenze tecniche.

Tutti gli oneri diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni, compresi quelli necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto dei campioni di materiali da sottoporre a prove fisiche-chimiche-meccaniche, nonché i costi di esecuzione di queste ultime a cura di Laboratori Ufficiali o Autorizzati, si intendono compresi e compensati dai prezzi contrattuali.

Le prove di carico prescritte dalle specifiche contrattuali o dai documenti di progetto o richieste dal Direttore dei Lavori in base a motivate esigenze tecniche o dal Collaudatore, così come quelle previste dalle leggi vigenti, dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

Per tutti i tipi di prova l'Appaltatore dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, predisporre le eventuali opere provvisorie e i ponteggi in quantità e tipologie adeguate all'esecuzione delle prove medesime.

Prima dell'effettuazione delle prove il progettista dovrà concordare la disposizione ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, al fine di garantire la operatività e la precisione richiesta controllando anche lo stato delle tarature. L'Appaltatore dovrà assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura. Per consentire l'esecuzione delle prove previste in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà fare riferimento a uno o più laboratori attrezzati. Le prove previste ai sensi della Legge 1086 e relativi decreti di attuazione dovranno essere effettuate solo presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati. Nel caso di disponibilità di un laboratorio di cantiere, l'Appaltatore dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire.

##### **3.1.4 Preavvisi**

Nel caso d'esecuzione di opere che, per effetto di operazioni successive, risultassero inaccessibili o comunque non più ispezionabili, prima di procedere con le operazioni successive l'Appaltatore dovrà darne informazione al Direttore dei Lavori; nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperi a quanto sopra, il Direttore dei Lavori potrà richiedere, a cura e spese dell'Appaltatore, la messa a nudo delle parti occultate o che vengano rese comunque accessibili le opere preventivamente non ispezionate.

#### **3.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

Le presenti prescrizioni si intendono integrative delle Norme Tecniche vigenti quali il D.M. 17/01/2018 e delle norme di legge vigenti in merito a leganti, aggregati, acqua di impasto ed additivi nonché delle relative Norme UNI. Per i riferimenti bibliografici e normativi vedi Appendice 2.

#### **3.3 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI**

##### **3.3.1 Cemento**

Per i manufatti strutturali potranno essere impiegati unicamente i cementi elencati nella norma UNI EN 197-1, con esclusione del cemento alluminoso e dei cementi per sbarramenti di ritenuta.



Nella stessa appendice si riporta la classificazione dei cementi in funzione della loro resistenza ai solfati e al dilavamento secondo quanto previsto dalle norme UNI 9156 e 9606.

Il cemento dovrà provenire da impianti di produzione in grado di garantire la continuità e la costanza della qualità della fornitura del tipo di cemento richiesto. I cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati secondo quanto previsto nella Norma UNI EN 197-1.

Su richiesta del Direttore dei Lavori l'Appaltatore dovrà consegnare copia delle bolle di accompagnamento di tutte le singole forniture di cemento approvvigionate all'impianto.

I requisiti meccanici, chimici e fisici del cemento dovranno essere controllati dall'Appaltatore per mezzo di prelievi, in contraddittorio con il fornitore, effettuati dalle autocisterne presso l'impianto di confezionamento, durante la qualificazione e in corso d'opera, secondo le modalità e le cadenze prescritte nella tabella seguente e in conformità a quanto previsto dalla Norma UNI EN 197-2. Copia di tutti i certificati di prova dovrà essere consegnata al Direttore dei Lavori.

In caso di ambienti chimicamente aggressivi si dovrà far riferimento a quanto previsto nelle Norme UNI 9156 e UNI 10595 e nei successivi paragrafi.

### **3.3.2 Aggiunte: ceneri volanti e microsilice**

Eventuali aggiunte al calcestruzzo potranno essere eseguite se conformi alla Norma vigente UNI-EN 206-1; particolare cura dovrà essere prestata alla loro influenza sulla richiesta d'acqua e sulla durabilità dell'opera.

L'eventuale impiego di cenere volante o microsilice dovrà essere concordato in sede di prequalifica del materiale con la Direzione Lavori.

In caso di utilizzo di ceneri volanti e/o microsilice, come aggiunte in sostituzione della frazione fine delle sabbie, dovranno essere soddisfatte tutte le caratteristiche fisico-chimico-meccaniche dei conglomerati cementizi allo stato fresco ed indurito prescritte nei successivi punti. In nessun caso si terrà conto dell'aggiunta di tali prodotti nel computo del dosaggio di cemento e del rapporto A/C.

### **3.3.3 Ceneri volanti**

Le ceneri volanti, costituenti il residuo solido della combustione di carbone dovranno provenire da centrali termoelettriche in grado di fornire un prodotto di qualità costante nel tempo e documentabile per ogni invio, e non contenere impurezze (lignina, residui oleosi, pentossido di vanadio, etc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche.

Le caratteristiche delle ceneri volanti devono soddisfare i requisiti delle UNI EN 450 del 2005 e 2007.

### **3.3.4 Microsilice (fumi di silice/silica fume)**

La microsilice ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte tipo II (aggiunte pozzolaniche) in parziale sostituzione del cemento devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE. Tutte le forniture di microsilice devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE alla norma UNI EN 13263-1.

### **3.3.5 Aggregati**

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo, provenienti da vagliatura e trattamento di materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava, dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste, per gli aggregati di classe A, nella Norma UNI 8520-2. Le caratteristiche degli aggregati dovranno essere verificate:

- alla qualificazione;
- a ogni cambio di cava o del fronte di coltivazione della stessa cava;
- ogni 20.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo confezionato.

Il Direttore dei Lavori potrà autorizzare frequenze diverse in funzione delle caratteristiche dei materiali utilizzati. Sia le sabbie che gli aggregati grossi dovranno avere massa volumica reale non minore di 2.60 t/m<sup>3</sup>. Per quanto riguarda gli aggregati esposti a rischio di reagire chimicamente con gli alcali contenuti nel cemento si farà riferimento a quanto previsto ai punti successivi.

Se gli aggregati provengono da frantumazione di materiale proveniente da scavi in sotterraneo (anche parzialmente) dovranno essere eseguite, oltre alle prove sopra indicate, le seguenti:

- giornalmente: la determinazione del contenuto di solfati e cloruri;
- settimanalmente: un'analisi mineralogica mirata a rilevare elementi potenzialmente reattivi agli alcali, integrata da prove di potenziale reattività in presenza di alcali.





### **3.3.6 Acqua d'impasto**

L'acqua d'impasto dovrà essere dolce, limpida non inquinata da materie organiche, dovrà essere definita la sua provenienza ad avere caratteristiche costanti nel tempo. Dovrà soddisfare i requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con DM 17/01/2018. L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti (Norma UNI EN 933-1/2009) in modo da rispettare il previsto rapporto acqua/cemento. L'acqua d'impasto dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008/2003.

### **3.3.7 Acciaio da cemento armato e da precompressione**

L'acciaio da cemento armato normale comprende:

- barre in acciaio tipo B 450 C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 50 \text{ mm}$ ) e tipo B 450 A ( $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ );
- rotoli in acciaio tipo B 450 C ( $\varnothing \leq 16 \text{ mm}$ ) e tipo B 450 A ( $\varnothing \leq 10 \text{ mm}$ );
- reti e tralici elettrosaldati: in acciaio tipo B 450 C ( $6 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$ ) e tipo B 450 A ( $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ).

L'acciaio da precompressione comprende:

- filo: prodotto trafilato a sezione piena con diametro variabile tra 5 e 8mm che viene fornito in rotoli lisci o anche muniti di tacche che servono a migliorare l'aderenza con il calcestruzzo e a favorire l'ancoraggio. Per le strutture ad armatura pretesa non possono essere utilizzati i fili lisci;
- barra: prodotto laminato a sezione piena che viene fornita in rotoli o in elementi rettilinei di 25 m di lunghezza. Sono in genere fornite di risalti per favorire l'aderenza;
- treccia: fornita in rotoli costituite da gruppi di 2 o 3 fili avvolti ad elica intorno al loro comune asse longitudinale; diametro, passo e senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;
- trefolo: fornito in rotoli, realizzato da gruppi di fili avvolti ad elica in uno o più strati intorno ad un filo rettilineo disposto secondo l'asse longitudinale dell'insieme e completamente ricoperto dagli strati. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

Ognuno di questi prodotti deve rispondere al D.M. 17/01/2018, deve essere qualificato all'origine, deve portare impresso, ove prescritto dalle suddette norme, il marchio indelebile che lo renda costantemente riconoscibile e riconducibile inequivocabilmente allo stabilimento di produzione.

### **3.3.8 Additivi**

Il loro impiego, come per ogni altro componente, dovrà essere preventivamente sperimentato e dichiarato nel mix design della miscela di conglomerato cementizio, preventivamente progettata.

Tutti gli additivi impiegati dovranno essere conformi alla norma UNI EN 934 (parti 2,3,4,5); per tutti gli additivi sarà richiesta una specifica documentazione indicante le caratteristiche chimico-fisiche nonché la "spettrografia dell'analisi a raggi infrarossi" che attesti la totale corrispondenza del prodotto alle specifiche dichiarate in fase di adozione dell'additivo medesimo del mix design.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo valutazione degli effetti per il particolare conglomerato cementizio da realizzare e nelle condizioni effettive di impiego.

Particolare cura dovrà essere posta nel controllo del mantenimento nel tempo della lavorabilità del calcestruzzo fresco.

### **3.3.9 Additivi fluidificanti e superfluidificanti**

Per opere ed in condizioni particolari, ove sia ritenuto necessario dal progettista e dalla DL, si potrà prevedere la doppia additivazione del conglomerato cementizio che consiste nell'aggiunta in cantiere di una quantità nota di additivo residuo, caricato all'impianto. Il dosaggio complessivo di additivo al mc non dovrà superare la quantità stabilita nel mix design.

L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui, il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela.

Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la DL potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.



### 3.3.10 Additivi aeranti

In caso di conglomerati cementizi per la realizzazione di opere sottoposte a cicli di gelo e disgelo dovranno essere utilizzati specifici additivi aeranti, come prescritto dalle normative UNI EN 206-1 e UNI 11104 al fine di garantire il rispetto delle prescrizioni di cui ai successivi punti relativi al contenuto di aria occlusa.

### 3.3.11 Additivi ritardanti

Additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori, per:

- particolari opere che necessitano di getti continui e prolungati, al fine di garantire la loro corretta monoliticità;
- getti in particolari condizioni climatiche;
- singolari opere ubicate in zone lontane e poco accessibili dalle centrali/impianti di betonaggio.

### 3.3.12 Disarmanti

Come disarmanti è vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti. Dovranno invece essere impiegati prodotti specifici, conformi alla Norma UNI 8866 parti 1 e 2 per i quali sia stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

### 3.3.13 Antievvaporanti

Eventuali prodotti antievvaporanti filmogeni devono rispondere alle norme UNI da 8656 a 8660. L'Appaltatore deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione; egli deve accertarsi, che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (ad esempio con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

## 3.4 CARATTERISTICHE DELLE MISCELE

### 3.4.1 Classi di resistenza

Per indicare la classe di resistenza si utilizza nel seguito la simbologia Cxx/yy ove xx individua il valore della resistenza caratteristica cilindrica fck e yy il valore della resistenza caratteristica cubica Rck, entrambi espressi in N/mm<sup>2</sup> (1 N/mm<sup>2</sup> = 10 Kg/cm<sup>2</sup>).

Nella Tabella seguente, in accordo con le norme UNI EN 206-1 e UNI 11104, vengono riportate le caratteristiche prestazionali dei conglomerati cementizi ed i loro campi di impiego, in via generale, salvo diverse indicazioni del Progettista.

CLASSE DI ESPOSIZIONE:	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA:	MASSIMO RAPPORTO A/C:	MINIMO CONTENUTO DI CEMENTO [kg/mc]:	MINIMO CONTENUTO D'ARIA [%]:	ESEMPI DI UTILIZZO
<i>1 Assenza di rischio di corrosione o attacco</i>						
X0	Calcestruzzo privo di armature o inserti metallici	C12/15	-	-	-	Sottofondazioni non armate, getti di livellamento; calcestruzzo all'interno di edifici con umidità molto bassa
<i>2 Corrosione indotta da carbonatazione</i>						
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	C25/30	0,60	300	-	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa; calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	C25/30	0,60	300	-	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per



CLASSE DI ESPOSIZIONE:	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA:	MASSIMO RAPPORTO A/C:	MINIMO CONTENUTO DI CEMENTO [kg/mc]:	MINIMO CONTENUTO D'ARIA [%]:	ESEMPI DI UTILIZZO
						lungo tempo; molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	C28/35	0,55	320	-	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità relativa dell'aria moderata oppure elevata; calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato ed asciutto	C32/40	0,50	340	-	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2; calcestruzzi a vista in ambiente urbano
<i>3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare</i>						
XD1	Umidità moderata	C28/35	0,55	320	-	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	C32/40	0,50	340	-	Piscine; calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	C35/45	0,45	360	-	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri; pavimentazioni; pavimentazioni di parcheggi
<i>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</i>						
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	C32/40	0,50	340	-	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	C35/45	0,45	360	-	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde oppure alla marea	C35/45	0,45	360	-	Parti di strutture marine
<i>5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza sali disgelanti</i>						
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	C32/40	0,50	320	-	Superfici verticali di calcestruzzo (facciate, colonne) esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	C25/30	0,50	340	3,0	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza agente antigelo	C25/30	0,50	340	3,0	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con agente	C28/35	0,45	360	3,0	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti



CLASSE DI ESPOSIZIONE:	DESCRIZIONE DELL'AMBIENTE	CLASSE DI RESISTENZA MINIMA:	MASSIMO RAPPORTO A/C:	MINIMO CONTENUTO DI CEMENTO [kg/mc]:	MINIMO CONTENUTO D'ARIA [%]:	ESEMPI DI UTILIZZO
	antigelo oppure acqua di mare					antigelo; superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo
<i>6 Attacco chimico</i>						
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 - UNI EN 206-1	C28/35	0,55	320	-	-
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 - UNI EN 206-1	C32/40	0,50	340	-	-
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 - UNI EN 206-1	C35/45	0,45	360	-	-

Le prescrizioni relative alla classe di resistenza del conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa), il contenuto di cemento e il contenuto di aria sono da ritenersi come minime; il rapporto acqua / cemento è da ritenersi come massimo.

Le indicazioni da seguire per la progettazione sono di seguito elencate:

- Per la realizzazione degli elementi strutturali di fondazione e in elevazione la classe di resistenza del calcestruzzo C 32/40;
- Classe di esposizione XC4 per getti di calcestruzzo in elevazione;
- Classe di esposizione XC4 per getti di calcestruzzo in fondazione;

### 3.4.2 Granulometria degli aggregati

Gli aggregati dovranno appartenere ad almeno tre classi granulometriche diverse.

Essi dovranno essere mescolati tra loro in definite percentuali così da formare miscele rispondenti ai criteri di curve granulometriche teoriche o sperimentali di riferimento e tali che l'impasto fresco e indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, omogeneità, aria inglobata, permeabilità, ritiro e acqua essudata. Il contenuto minimo di cemento e il rapporto massimo acqua/cemento vanno definiti sulla base delle condizioni ambientali di esposizione e delle prestazioni richieste.

Le singole pezzature o frazioni granulometriche sono definite:

- per le sabbie solamente da un diametro massimo (D).
- per gli aggregati grossi da un diametro massimo (D) e da un diametro minimo (d);

Si dovrà adottare una curva granulometrica che, in relazione al dosaggio di cemento, possa garantire la massima compattezza e la migliore lavorabilità del calcestruzzo. Il diametro massimo dell'aggregato dovrà essere scelto in funzione dei valori di copriferro e interferro, delle dimensioni minime dei getti, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera; in ogni caso dovrà rispettare quanto previsto dalla Norma UNI-EN 206-1.

Per quanto concerne l'aggregato fine, per la preparazione di un mix potrà essere usata una sabbia od una miscela di due sabbie. Le caratteristiche petrografiche, granulometriche, chimiche, fisiche e meccaniche delle miscele di sabbie dovrà rispondere ai limiti di accettazione stabilito dalla norma UNI 8520/2 fatte salve le più stringenti specifiche di cui al precedente relativo punto concernenti la massa volumica e l'assorbimento superficiale. Nel caso in cui la miscela sia costituita da una sabbia di frantumazione ed una sabbia naturale, i limiti di accettabilità dettati dalla norma UNI 8520/2. Per quanto concerne invece le singole sabbie componenti le miscele, queste dovranno rispettare in ogni caso i seguenti limiti:

- Equivalente in sabbia (ES): > 70



- Valore di bleu (VB)  $\leq 0,8$  cm<sup>3</sup>/g di fini
- $1,8 \leq$  Modulo di Finezza (MF)  $\leq 3,6$
- Contenuto di grumi di argilla e particelle friabili  $\leq 3\%$
- Contenuto di particelle leggere e friabili  $\leq 2\%$

Contenuto di sostanze organiche: colore della soluzione almeno uguale allo standard di riferimento.

Il Direttore dei Lavori potrà eventualmente approvare l'adozione di una granulometria discontinua, verificando preventivamente che l'impasto risponda alla prova di omogeneità descritta in allegato.

Ogni 10.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo prodotto dovrà essere verificata la curva granulometrica, della miscela degli inerti, dai campioni prelevati secondo UNI EN 932-1 e analizzati secondo UNI EN 933-1.

### 3.4.3 Rapporto acqua/cemento

La quantità d'acqua totale da impiegare per il confezionamento dell'impasto dovrà essere calcolata tenendo conto dell'acqua libera contenuta negli aggregati. Si dovrà fare riferimento alla Norma UNI EN 1097-6.

Il suddetto rapporto, dovrà essere controllato secondo le indicazioni riportate nella Norma UNI EN 12350-7/2009, e non dovrà discostarsi di  $\pm 0.02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela. Il rapporto a/c dovrà essere controllato anche in cantiere, almeno una volta alla settimana, tale rapporto non dovrà scostarsi più del  $\pm 0.02$  da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

Per la realizzazione del progetto sono da adottare due soluzioni:

- 0.50 per la classe di esposizione XC4;
- 0.60 per la classe di esposizione XC2

### 3.4.4 Controllo dell'omogeneità del conglomerato cementizio

L'omogeneità del conglomerato cementizio all'atto del getto, dovrà essere verificata vagliando ad umido due campioni, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadrata da 4 mm.

La percentuale in peso del materiale trattenuto nel vaglio dei due campioni non dovrà differire più del 10%, inoltre lo slump degli stessi prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

### 3.4.5 Lavorabilità

La lavorabilità del conglomerato cementizio fresco sarà valutata con la misura all'abbassamento al cono di Abrams (slump) in mm secondo la Norma UNI EN 12350-2; tale prova dovrà essere eseguita in concomitanza a ciascun prelievo di campioni per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati.

Per tutti gli elementi in opera e prefabbricati, occorre garantire una classe di consistenza S4.

Il conglomerato cementizio non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122, dovrà essere nulla.

In alternativa, per abbassamenti differenti da quanto previsto per S4, si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo la norma UNI EN 12350-5, o con l'apparecchio vebe' secondo la norma UNI EN 12350-3.

Sarà cura del fornitore garantire in ogni situazione la classe di consistenza prescritta per le diverse miscele tenendo conto che sono assolutamente proibite le aggiunte di acqua in betoniera al momento del getto dopo l'inizio dello scarico del calcestruzzo dall'autobetoniera. La classe di consistenza prescritta verrà garantita per un intervallo di tempo di 30 minuti dall'arrivo della betoniera in cantiere. Trascorso questo tempo sarà l'impresa esecutrice responsabile dell'eventuale minore lavorabilità rispetto a quella prescritta.

Il calcestruzzo con la lavorabilità inferiore a quella prescritta potrà essere a discrezione della D.L.:

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

### 3.4.6 Acqua essudata

Il calcestruzzo non dovrà presentarsi segregato e la quantità di acqua essudata, misurata secondo la Norma UNI 7122 ogni 1000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo confezionato, dovrà essere minore o uguale allo 0.1% in volume.



### **3.4.7 Prescrizioni per la durabilità dei calcestruzzi**

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

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

Ai fini della valutazione della durabilità, la D.L. prescriverà, se necessario, le opportune prove per la verifica della resistenza alla penetrazione agli agenti aggressivi (ad esempio il grado di impermeabilità del calcestruzzo attraverso la determinazione del valore della profondità di penetrazione dell'acqua in pressione in mm). Per la prova di determinazione della profondità della penetrazione dell'acqua in pressione nel calcestruzzo indurito vale quanto indicato nella norma UNI EN 12390-8:2009. Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per la definizione della relativa classe, il riferimento sono le norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Tali prescrizioni dovranno essere applicate a tutte le strutture gettate in opera e a tutti gli elementi prefabbricati, anche precompressi.

## **3.5 CALCESTRUZZO GETTATO IN OPERA: PRODUZIONE, TRASPORTO E POSA IN OPERA**

### **3.5.1 Centrali di betonaggio ed impianti di cantiere**

I conglomerati cementizi possono essere confezionati esclusivamente in centrali di betonaggio o impianti di cantiere che siano stati preventivamente esaminati ed approvati dalla Direzione Lavori.

L'effettiva capacità produttiva oraria delle centrali e degli impianti dovrà essere commisurata alle produzioni previste dal Programma di Costruzione. Gli impianti e le centrali di betonaggio dovranno essere dotati di sistema di dosaggio automatico e di tutti gli strumenti ed attrezzature idonee a garantire un costante controllo dei dosaggi di tutti i componenti, delle granulometrie e dell'umidità degli aggregati. Ogni centrale di betonaggio od impianto di cantiere dovrà avere al proprio interno un laboratorio dotato di tutti le attrezzature per effettuare le prove di controllo in corso d'opera. Per evitare che l'acqua piovana possa alterare bruscamente l'umidità degli aggregati nelle tramogge, queste dovranno essere coperte con idonee tettoie. Analogamente i nastri caricatori delle tramogge e quelli che vanno dall'impianto di miscelazione alla bocca di carico dovranno essere coperti anche al fine di ridurre l'inquinamento acustico ed il sollevarsi di polveri specie in presenza di forte vento. Nel caso in cui l'acqua per gli impasti sia accumulata in cisterne, queste dovranno essere opportunamente posizionate per limitare gli effetti delle basse ed alte temperature; in particolare dovranno essere protette (con tettoie ecc.) dall'irraggiamento diretto. Ogni centrale/impianto di betonaggio dovrà essere dotato di un sistema di recupero e trattamento dei calcestruzzi freschi di risulta nonché delle acque di lavaggio per il loro eventuale riciclo. Il calcestruzzo residuo contenuto nelle autobetoniere, nei bilici, autocarri, pompe, ecc. e quello eventualmente rifiutato dalla Direzione di Cantiere ovvero respinto dalla Direzione Lavori non potrà essere portato e gettato a discarica ma dovrà essere inviato ad un apposito impianto di recupero del cls fresco da installarsi a cura e spese dell'Appaltatore che provvederà, tramite idonei macchinari e vasche, alla separazione del cemento e degli aggregati, al recupero di quest'ultimi ed al trattamento dell'acqua. Gli aggregati una volta recuperati non dovranno essere reimpiagati per la preparazione di nuovi calcestruzzi ma potranno essere usati per la realizzazione di opere in terra nell'ambito dei lavori. Per la qualificazione delle centrali ed impianti di betonaggio per il confezionamento dei calcestruzzi si rimanda alla procedura.

### **3.5.2 Cemento**

Non è consentito mescolare fra loro cementi di diverso tipo, classe e provenienza; per ciascuna opera dovrà essere impiegato un unico tipo di cemento (tipo, classe, produttore e stabilimento di produzione). Il cemento, se in sacchi, sarà sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto ed in ambiente chiuso. I sacchi di cemento di diverso tipo verranno conservati separatamente e chiaramente identificati con idonei cartelli. Il cemento, se sfuso, sarà conservato in silos che garantiscano la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica; ogni silo conterrà un unico tipo e classe di cemento proveniente da uno stesso stabilimento di produzione; a tale scopo il silo dovrà essere, chiaramente identificato mediante un cartello di idonee dimensioni facilmente visibile dalla cabina di comando della centrale o dell'impianto di betonaggio. Il dosaggio ed il tipo di cemento dovranno essere scelti in relazione al tipo ed alle caratteristiche costruttive dell'opera ed a quelle ambientali in cui la stessa si verrà a trovare, con particolare riferimento alla resistenza meccanica, durabilità e temperatura del getto in fase di indurimento.



### 3.5.3 *Aggregati*

Gli aggregati dovranno essere stoccati in quantità congruente con il programma lavori e comunque sufficiente a completare qualsiasi opera che debba essere gettata senza interruzioni. Il luogo di stoccaggio dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire l'immagazzinamento con separazione delle diverse pezzature che dovranno essere divise da appositi setti. Per ogni cumulo dovrà essere apposto un cartello di idonee dimensioni indicante la classe granulometrica dell'aggregato. La superficie di appoggio di ogni cumulo dovrà essere conformata in modo tale da consentire l'allontanamento dell'acqua piovana e di percolazione. Si raccomanda che i cumuli siano coperti da idonee tettoie. Gli aggregati dovranno essere prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati.

### 3.5.4 *Pesatura e miscelazione*

La confezione dei conglomerati cementizi dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori. Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, degli additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione, dovrà essere controllato il contenuto di umidità degli aggregati. La dosatura effettiva degli aggregati dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%. Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori. Il dispositivo di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale). Si dovrà disporre all'impianto, nel caso di guasto dell'apparecchiatura automatica di carico dei componenti, di tabelle riportanti le pesate cumulative dei componenti per tutte le miscele approvate e per le diverse quantità miscelate in funzione della variazione di umidità della sabbia. Gli inerti dovranno essere tassativamente ed accuratamente lavati in modo tale da eliminare materiali dannosi o polveri aderenti alla superficie. La percentuale di umidità nelle sabbie non dovrà, di massima, superare l'8% in peso di materiale secco. Gli inerti dovranno essere stoccati in quantità sufficiente a completare qualsiasi struttura che debba essere gettata senza interruzioni.

Il luogo di deposito dovrà essere di dimensioni adeguate e consentire lo stoccaggio senza segregazione delle diverse pezzature che dovranno essere separate da appositi setti. Gli aggregati verranno prelevati in modo tale da garantire la rotazione continua dei volumi stoccati. I silos del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica. Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare. Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità di cui al relativo punto.

Per quanto non specificato, vale la Norma UNI EN 206-1/2006 e UNI 11104/2004.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

Se al momento della posa in opera la consistenza del conglomerato cementizio non è quella prescritta, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Impresa.

Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta di additivi fluidificanti e l'aggiunta verrà registrata sulla bolla di consegna. La lavorabilità non potrà essere ottenuta con maggiore impiego di acqua di quanto previsto nella composizione del conglomerato cementizio.

L'impiego di fluidificanti, aeranti, plastificanti, potrà essere autorizzato dalla DL, anche se non previsti negli studi preliminari. In questi casi, l'uso di aeranti e plastificanti sarà effettuato a cura e spese dell'Impresa, senza che questa abbia diritto a pretendere indennizzi o sovrapprezzi per tale titolo.

La produzione ed il getto del conglomerato cementizio dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al di sotto di 278 K (5 °C), se l'impianto di betonaggio non è dotato di un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti o dell'acqua tale da garantire che la temperatura dell'impasto, al momento del getto sia superiore a 287 K (14 °C). I getti all'esterno dovranno comunque essere sospesi quando la temperatura scende al di sotto di 263 K (-10 °C).

Nel luogo di produzione ed in cantiere dovranno essere installati termometri atti a misurare la minima e la massima temperatura atmosferica giornaliera.



### 3.5.5 *Trasporto e scarico*

Nel caso di miscelazione diretta in betoniera, ferme restando le prescrizioni del tempo di miscelazione fornite nel precedente punto, si dovrà fare in modo che una parte dell'acqua e di aggregato grosso venga caricata prima del cemento e degli altri aggregati. Il trasporto del conglomerato cementizio dal luogo del confezionamento a quello di impiego dovrà avvenire utilizzando mezzi ed attrezzature idonee ad evitare che si verifichi la segregazione dei vari componenti l'impasto o il deterioramento dell'impasto stesso. In ogni caso il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto ed il getto non dovrà essere superiore a 60 minuti. In caso di particolari condizioni operative (ad esempio getti in galleria a notevole distanza dall'imbocco), qualora sia stato eseguito uno specifico studio di qualifica del mix che ne attesti il mantenimento della lavorabilità nel tempo con controllo dell'abbassamento al cono di Abrams ogni 15' e qualora la temperatura esterna sia compresa nell'intervallo tra 5°C e 30°C, tale tempo potrà essere esteso fino a 90 minuti. Nel caso in cui per il mantenimento della lavorabilità a lungo periodo occorresse una “ritempera” della miscela di calcestruzzo fresco, questa potrà avvenire solo mediante aggiunta di additivo superfluidificante secondo quanto specificato nei precedenti paragrafi. Le betoniere dovranno essere esaminate periodicamente per verificare la diminuzione dell'efficacia dovuta sia ad accumulo di conglomerato indurito o legante che all'usura delle lame. L'autobetoniera dovrà essere dotata di apposito libretto che attesti le revisioni periodiche effettuate (ogni 4000 mc. o almeno una volta al mese). Ogni carico di conglomerato cementizio dovrà essere accompagnato da una bolla. Il personale dell'Appaltatore sarà tenuto ad esibire dette bolle, su richiesta, al personale della Direzione Lavori. Se pompato, il conglomerato cementizio dovrà avere alla bocca di uscita della tubazione il valore dello slump di progetto. All'atto dello scarico saranno controllate l'omogeneità e la lavorabilità dell'impasto.

### 3.5.6 *Getto e manutenzione del conglomerato cementizio*

#### Programmazione dei getti

L'Appaltatore è tenuto a presentare, ogni settimana alla Direzione Lavori un modulo preventivamente concordato con la stessa riportante il dettagliato programma settimanale dei getti previsti per il piano successivo con indicati:

- il luogo, l'ora, l'opera e la struttura;
- i m3 di cls previsti, la classe di resistenza e i codici delle miscele utilizzate;
- i relativi impianti di confezionamento.
- Ogni variazione al programma dovrà essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 24 ore.

#### Operazioni di getto

I getti potranno avere inizio solo dopo che il Direttore dei Lavori avrà verificato:

- preparazione e rettifica dei piani di posa;
- pulizia delle casseforme;
- posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;
- posizione delle eventuali guaine dei cavi per la precompressione;
- posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.).

Nel caso di getti contro terra si dovrà controllare con particolare cura che siano stati eseguiti, in conformità alle disposizioni di progetto:

- la pulizia del sottofondo;
- la posizione di eventuali drenaggi;
- la stesa di materiale isolante o di collegamento.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto e alle eventuali prescrizioni aggiuntive. In nessun caso si dovranno verificare cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento; in tale ultimo caso l'Appaltatore dovrà provvedere al loro ripristino. Prima del getto tutte le superfici di contenimento del calcestruzzo dovranno essere pulite, lavate con acqua o aria in pressione e trattate con prodotti disarmanti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori; se porose, dovranno essere mantenute umide per almeno due ore prima dell'inizio dei getti. I ristagni d'acqua dovranno essere allontanati dal fondo. Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti a evitarne la segregazione. L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà mai essere maggiore di 100 cm. Il calcestruzzo dovrà cadere verticalmente ed essere steso in strati orizzontali, di spessore misurato dopo la vibrazione comunque non maggiore di 50 cm. Il calcestruzzo dovrà essere posto in opera e addensato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee, perfettamente regolari, senza vespai o nidi di ghiaia ed esenti da macchie o chiazze. I vespai eventualmente formati durante la posa in opera dovranno essere dispersi prima della vibrazione del calcestruzzo. A meno che non sia altrimenti stabilito, il calcestruzzo dovrà essere





addensato con un numero di vibratori a immersione o a parete determinato, prima di ciascuna operazione di getto, in relazione alla classe di consistenza del calcestruzzo, alle caratteristiche dei vibratori e alla dimensione del getto stesso, la durata della vibrazione è determinata da tempo intercorso dall’immersione totale del vibratore fino all’affioramento in superficie della boiaccia. Per omogeneizzare la massa durante il costipamento di uno strato i vibratori a immersione dovranno penetrare per almeno 5 cm nello strato inferiore. È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l’impiego del vibratore. Le attrezzature non funzionanti dovranno essere immediatamente sostituite in modo che le operazioni di costipamento non vengano rallentate o risultino insufficienti. Per getti in pendenza dovranno essere predisposti dei cordolini di arresto che evitino la formazione di lingue di calcestruzzo troppo sottili per essere vibrati efficacemente. Nel caso di getti da eseguire in presenza d’acqua l’Appaltatore dovrà adottare gli accorgimenti necessari per impedire che l’acqua dilavi il calcestruzzo e ne pregiudichi la regolare presa e maturazione; inoltre dovrà provvedere con i mezzi più adeguati all’aggettamento o alla deviazione della stessa o, in alternativa, adottare per l’esecuzione dei getti miscele con caratteristiche idrorepellenti preventivamente autorizzate dal Direttore dei Lavori. Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l’ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo.

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell’ago nel cls (s)
S1	25 - 30
S2	20 - 25
S3	15 - 20
S4	10 - 15
S5	5 - 10
F6	0 - 5
SCC	Non necessita compattazione (salvo indicazioni specifiche della D.L.)

#### Riprese di getto

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Nel caso ciò non fosse possibile, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, prima di poter effettuare la ripresa la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l’impiego di additivi ritardanti o di ritardanti superficiali. Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l’adeguata rifluidificazione e conseguentemente l’omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione. Tra le successive riprese di getto non si dovranno avere distacchi, discontinuità o differenze di aspetto e colore; in caso contrario l’Appaltatore dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d’acqua. Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all’acqua dei giunti di costruzione con idonei accorgimenti, da indicare nel progetto e preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

#### Getti in clima freddo

Ai fini del getto del calcestruzzo, il clima si definisce “freddo” quando la temperatura dell’aria è minore di 5°C. In queste condizioni il getto potrà essere eseguito dietro il rispetto delle seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell’aria sia compresa fra 0°C e + 5° C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio dovranno essere sospese, a meno che non sia garantita una temperatura dell’impasto al momento del getto non inferiore a + 10°C; questa temperatura potrà essere ottenuta eventualmente anche mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell’acqua di impasto all’impianto di betonaggio. In questo caso, però, la temperatura raggiunta dall’impasto non deve mai essere superiore a 25°C.
- per temperature comprese fra -4°C e 0°C è ammessa esclusivamente l’esecuzione di getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, ferme restando le condizioni dell’impasto di cui ai punti precedenti.

Per i plinti bisognerà comunque adottare le seguenti precauzioni:

- adottare la massima cura nella vibrazione e compattazione del conglomerato;
- proteggere ed isolare i getti mediante opportune protezioni da concordare preventivamente con la DL onde permettere l’avvio della presa ed evitare la dispersione del calore di idratazione;



- mantenere le strutture casserate per un periodo minimo di due giorni;
- scegliere, per il getto, le ore più calde della giornata.

In ogni caso, prima del getto la neve e il ghiaccio devono essere rimossi dai casseri dalle armature e dal sottofondo. In nessun caso un getto può essere eseguito quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a  $-4^{\circ}\text{C}$ .

#### Getti in clima caldo

Se durante le operazioni di getto la temperatura dell'aria supera i  $35^{\circ}\text{C}$  all'ombra, la temperatura dell'impasto non dovrà superare i  $30^{\circ}\text{C}$ ; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi. La temperatura delle casseforme dovrà essere ricondotta a tale valore con tolleranza di  $5^{\circ}\text{C}$  mediante preventivi getti esterni di acque fredde. Al fine di abbassare la temperatura del calcestruzzo potrà essere usato ghiaccio, in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, o gas refrigerante di cui sia garantita la neutralità nei riguardi delle caratteristiche del calcestruzzo e dell'ambiente. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori.

### **3.5.7 Stagionatura e disarmo**

#### Prevenzione delle fessure da ritiro plastico

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori. A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori. Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656: tipi 1 e 2.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra. E' ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro di alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5-1,5 kg/mc.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure di apertura superiore a 0,3 mm, l'impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate. Di norma viene esclusa l'accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera. In casi particolari la DL potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

#### Maturazione accelerata con trattamenti termici

La maturazione accelerata dei conglomerati cementizi con trattamento termico sarà permessa qualora siano state condotte indagini sperimentali sul trattamento termico che si intende adottare.

In particolare, si dovrà controllare che ad un aumento delle resistenze iniziali non corrisponda una resistenza finale minore di quella che si otterrebbe con maturazione naturale.

Dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

- la temperatura del conglomerato cementizio, durante le prime 3 h dall'impasto non deve superare 303 K ( $30^{\circ}\text{C}$ );
- il gradiente di temperatura di riscaldamento e quello di raffreddamento non deve superare 15 K/h ( $^{\circ}\text{C}/\text{h}$ ), e dovranno essere ulteriormente ridotti qualora non sia verificata la condizione di cui al successivo quarto punto;
- la temperatura massima del calcestruzzo non deve in media superare 333 K ( $60^{\circ}\text{C}$ );
- la differenza di temperatura tra quella massima all'interno del conglomerato cementizio e ambiente a contatto con il manufatto non dovrà superare i 10 K ( $10^{\circ}\text{C}$ )

Il controllo, durante la maturazione, dei limiti e dei gradienti di temperatura, dovrà avvenire con apposita apparecchiatura che registri l'andamento delle temperature nel tempo;

la procedura di controllo di cui al punto precedente, dovrà essere rispettata anche per i conglomerati cementizi gettati in opera e maturati a vapore.



In ogni caso i provini per la valutazione della resistenza caratteristica a 28 giorni, nonché della resistenza raggiunta al momento del taglio dei trefoli o fili aderenti, dovranno essere maturati nelle stesse condizioni termo-igrometriche della struttura secondo quanto indicato dalla Norma UNI EN 12390-2/2009

### 3.5.8 Caratteristiche estetiche

Affinché il colore superficiale del calcestruzzo, determinato dalla sottile pellicola di malta che si forma nel getto a contatto con la cassaforma, risulti il più possibile uniforme, il cemento utilizzato in ciascuna opera dovrà provenire dallo stesso cementificio ed essere sempre dello stesso tipo e classe, la sabbia dovrà provenire dalla stessa cava ed avere granulometria e composizione costante. Le opere o i costituenti delle opere a “faccia a vista” che dovranno avere lo stesso aspetto esteriore dovranno ricevere lo stesso trattamento di stagionatura; in particolare si dovrà curare che l'essiccamento della massa del calcestruzzo sia lento e uniforme. Si dovranno evitare condizioni per le quali si possano formare efflorescenze sul calcestruzzo; qualora queste apparissero, sarà onere dell'Appaltatore eliminarle tempestivamente mediante spazzolatura, senza impiego di acidi. Le superfici finite e curate come indicato ai punti precedenti dovranno essere adeguatamente protette se le condizioni ambientali e di lavoro saranno tali da poter essere causa di danno in qualsiasi modo alle superfici stesse. Si dovrà evitare che vengano prodotte sulla superficie finita scalfitture, macchie o altro che ne pregiudichino la durabilità o l'estetica. Si dovranno evitare inoltre macchie di ruggine dovute alla presenza temporanea dei ferri di ripresa; in tali casi occorrerà prendere i dovuti provvedimenti evitando che l'acqua piovana scorra sui ferri e successivamente sulle superfici finite del getto. Qualsiasi danno o difetto della superficie finita del calcestruzzo dovrà essere eliminato a cura dell'Appaltatore, con i provvedimenti preventivamente autorizzati dal Direttore dei Lavori. Tutti gli elementi, metallici e non, utilizzati per la legatura ed il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura.

### 3.5.9 Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dopo il disarmo del calcestruzzo senza il preventivo controllo del Direttore dei Lavori, che dovrà autorizzare i materiali e la metodologia, proposti dal Progettista, da utilizzare per l'intervento. A seguito di tali interventi, il DL potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura con idonei prodotti del getto.

### 3.5.10 Tolleranze costruttive

In assenza di prescrizioni specifiche, gli scostamenti ammissibili (tolleranze) rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito; per i vari elementi strutturali; lo scostamento “S” è espresso in cm:

#### Fondazioni: plinti, platee, solettoni ecc:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto:  $S = \pm 3.0$  cm
- dimensioni in pianta :  $S = -3.0$  cm ÷ + 5.0 cm
- dimensioni in altezza (superiore)  $S = -0.5$  cm ÷ + 3.0 cm
- quota altimetrica estradosso  $S = -0.5$  cm ÷ + 2.0 cm

#### Strutture in elevazione: pile, spalle, muri ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate
- agli allineamenti di progetto:  $S = \pm 2.0$  cm
- dimensione in pianta (anche per pila piena):  $S = -0.5$  cm ÷ + 2.0 cm
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle:  $S = -0.5$  cm ÷ + 2.0 cm
- quota altimetrica sommità:  $S = \pm 1.5$  cm
- verticalità per  $H < 600$  cm  $S = \pm 2.0$  cm
- verticalità per:  $1200$  cm  $\geq H \geq 600$  cm  $S = \pm H/3$  cm  
(tolleranza in centimetri – H in metri)
- verticalità per  $H \geq 1200$  cm  $S = \pm H/3 - (H-12)/5$  cm  
(tolleranza in centimetri – H in metri)

#### Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

- spessore:  $S = -0.5$  cm ÷ + 1.0 cm
- quota altimetrica estradosso:  $S = \pm 1.0$  cm



Vani, cassette, inserterie:

- posizionamento e dimensione vani e cassette:  $S = \pm 1.5 \text{ cm}$
- posizionamenti inserti (piastre boccole):  $S = \pm 1.0 \text{ cm}$

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

### **3.5.11 Armature per c.a.**

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori. L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

Copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p. (D.M. 17/01/2018). Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm e comunque come indicato dal progettista. Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza di acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm e comunque come indicato dal progettista.

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire la invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

L'Impresa dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza di acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

## **3.6 PREFABBRICATI IN CALCESTRUZZO: QUALIFICA IMPIANTI E CONFEZIONAMENTO**

La documentazione da depositarsi ai sensi dei punti a), b), c), d) dell'art.9 della legge 5 novembre 1971 dovrà dimostrare la completa rispondenza dei manufatti prefabbricati alle prescrizioni di cui alle presenti norme.

La relazione dovrà essere firmata da un tecnico a ciò abilitato, il quale assume con ciò le responsabilità stabilite dalla legge per il progettista.

I manufatti prefabbricati dovranno essere costruiti sotto la direzione di un tecnico a ciò abilitato, che per essi assume le responsabilità stabilite dalla legge per il direttore dei lavori.

A cura di detto tecnico dovranno essere eseguiti i prelievi di materiali, le prove ed i controlli di produzione sui manufatti finiti con le modalità e la periodicità previste dalle presenti Norme.

I certificati delle prove saranno conservati dal produttore, che opera con sistemi di qualità certificati.

Ai sensi dell'art. 9 della legge 5 novembre 1971, n° 1086, ogni fornitura di manufatti prefabbricati dovrà essere accompagnata da apposite istruzioni nelle quali vengano esposte le modalità di trasporto e montaggio, nonché le caratteristiche ed i limiti di impiego dei manufatti stessi.

Ogni fornitura di manufatti prefabbricati dovrà inoltre essere accompagnata, anche da un certificato di origine firmato dal produttore, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal tecnico responsabile della produzione previsto al terzo comma.

Il certificato dovrà garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata al Ministero dei LL.PP., e portare l'indicazione del tecnico che ne risulta, come sopra detto, progettista. In presenza delle condizioni sopra elencate, i manufatti prefabbricati potranno essere accettati senza ulteriori esami o controlli.

Copia del certificato di origine dovrà essere allegato alla relazione del direttore dei lavori di cui all'art. 6 della legge 5 novembre 1971, n°1086.

Il deposito ha validità triennale.

### **3.6.1 Verifica presso lo stabilimento o impianto di produzione**

Dovranno essere verificate in particolare:

- le attrezzature da impiegare nella prefabbricazione quali impianti di betonaggio, casseforme, piani vibranti,
- aree di produzione e di stoccaggio, modalità di protezione e trasporto, etc.;



- le modalità esecutive quali tempi e modi di produzione, metodi di vibrazione e metodi di stagionatura;
- il laboratorio interno per le prove sui materiali;
- le attrezzature per il controllo dei cicli termici durante la stagionatura;
- le materie prime utilizzate nel ciclo produttivo.

Sulla base della documentazione di cui sopra, di ulteriori informazioni eventualmente richieste e dell'esito della visita verrà riconosciuta l' idoneità dell'impianto alla produzione.

La Direzione Lavori potrà rifiutare o sospendere la fornitura dei manufatti in caso di esito negativo delle suddette verifiche.

### 3.6.2 Controllo delle casseforme

Le casseforme, compresi i sistemi di supporto, dovranno essere progettate e costruite in modo da garantire la permanente rispondenza del prodotto finito alle tolleranze dimensionali del progetto e in modo tale che non venga compromessa l'integrità delle parti strutturali con cui sono costruite le casseforme stesse.

La forma, la funzione, l'aspetto e la durabilità della struttura costituita dai manufatti prodotti non dovrà essere compromessa a causa delle casseforme.

Le casseforme dovranno rispettare le seguenti tolleranze dimensionali:

- lunghezza:  $S = \pm L/2000 (\leq 20 \text{ mm})$
- sezione (altezza, larghezza, ali):  $S = \pm L/200 (\leq 2 \text{ mm})$
- spessore anima:  $S = \pm L/200 (\leq 2 \text{ mm})$

dove:

- S è la tolleranza ammissibile;
- L è la dimensione presa in considerazione.

### 3.6.3 Posizionamento delle armature

Le tolleranze di posizionamento dell'armatura sono:

Armature in prossimità delle superfici (con il segno + si indica una maggiore distanza dalle superfici):

- 0.0 cm

S

+ 0.5 cm

Armature interne cui è affidata la resistenza strutturale: il maggiore tra

$S = + 0.25 \text{ cm}$

$S = + h/100$

essendo h lo spessore in cm del calcestruzzo nella direzione dove lo scarto dell'armatura riduce la resistenza strutturale

Armature interne costruttive: il maggiore tra

$S = + 1.0 \text{ cm}$

$S = + h/50$

Lo scarto S deve in ogni caso essere inferiore a + 3 cm nel caso di armature ordinarie e di + 0,5 cm per quelle da precompressione, fermo restando quanto detto per le armature di superficie dove S è lo scarto tra la posizione teorica di progetto e la posizione in opera.

### 3.6.4 Esecuzione getto

Si farà riferimento a quanto riportato al relativo paragrafo.

#### Identificazione e stoccaggio dei manufatti

Ogni elemento prefabbricato dovrà essere marcato, in maniera permanente, mediante un numero di matricola, conformemente ai disegni o al catalogo di produzione, in modo da permettere in qualsiasi momento l'identificazione.

Dovrà inoltre essere marcata la data di produzione e il peso dell'elemento qualora lo stesso costituisca parte strutturale dell'opera. I materiali dovranno essere posti a stoccaggio in maniera propria, e più precisamente:

- si dovrà evitare qualsiasi danneggiamento
- si dovrà evitare la costante esposizione di una parte del manufatto a condizioni sistematicamente diverse dalla rimanente (esposizione al sole,..etc.)



- Si dovrà rispettare la posizione dei punti di appoggio come da progetto, per non indurre o favorire deformazioni lente e/o una variazione dimensionale tale da pregiudicare il montaggio stesso e/o un rilassamento dei cavi di precompressione non ammissibile.

Dovranno essere utilizzati appoggi che riducano al minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo le tensioni interne per dilatazione o ritiro. Dovranno essere indicati il tempo minimo e massimo di stoccaggio.

Ciascun elemento dovrà essere contrassegnato almeno come prescritto al par. 4.2.2 del D.M. 03.12.87.

#### Trasporto

Modalità e tempi del trasporto del manufatto dovranno essere tali da evitare danneggiamenti allo stesso. Per il calcolo delle sollecitazioni, ove non più precisamente determinato si assumerà un'azione dovuta al peso proprio maggiorato del 30% per trasporto su strada e del 20% per trasporto in area di cantiere. Si dovranno tenere nel dovuto conto, nel caso del trasporto su strada, delle azioni indotte dalla frenatura e dalla azione centrifuga. Nel caso di trasporto su parti di opera in costruzione dovrà essere accuratamente predeterminata la fascia di transito e le azioni volte ad impedire la fuoriuscita da tale fascia.

#### Montaggio

Potranno essere posti in opera solamente gli elementi prefabbricati che non presentino difetti o per i quali siano state chiuse tutte le eventuali Non Conformità rilevate. Dal momento della loro posa, gli elementi dovranno essere mantenuti in posizione tale da conservare la stabilità e da resistere, oltre che al peso proprio, a tutte le azioni esterne. Il rispetto delle tolleranze di ogni elemento dovrà essere verificato prima di ciascuna operazione di posa, senza attendere il controllo in opera. Le operazioni di posizionamento e montaggio devono essere dettagliatamente descritte nel piano di montaggio e varo, che dovrà anche specificare le tolleranze ammesse nel posizionamento, ove già non previste in fase progettuale. Nel caso di travi prefabbricate di lunghezza L, salvo più restrittive specifiche progettuali, dovranno essere rispettati i seguenti limiti ( $s$  = scarto ammissibile).

posizionamento appoggi nel senso longitudinale:

$$s = \pm L/2000 \text{ con un massimo di } \pm 1 \text{ cm}$$

posizionamento appoggi nel senso trasversale:  $s \leq \pm 1 \text{ cm}$

posizionamento altimetrico appoggi:

assoluto  $s \leq \pm 0,5 \text{ cm}$

relativo tra appoggi di una stessa travata su una pila:  $s \leq \pm 2.5 \text{ mm}$

parallelismo piani di appoggio travi pulvino

$$s \leq \pm 0,003 \text{ rad}$$

Qualora le travi vengano poste su appoggi provvisori per essere trasferite su quelli definitivi dopo aver effettuato i collegamenti trasversali, andranno valutate le sollecitazioni dovute alle tolleranze di posizionamento precedentemente indicate. In tutti gli stadi di lavorazione e trasporto e fino al completamento del lavoro le unità prefabbricate dovranno essere adeguatamente conservate. Le protezioni da adottare, descritte negli elaborati di progetto, dovranno essere tali da evitare danni di qualsiasi tipo, siano essi meccanici quali distacchi, deformazioni e abrasioni o estetici quali macchie e ruggine.

Il posizionamento in opera delle unità prefabbricate dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori, che potrà rifiutare elementi prefabbricati che presentino danni o difetti non rimediabili. Il Produttore dovrà sostituire gli elementi prefabbricati danneggiati o difettosi o, quando ritenuto possibile dalla Direzione Lavori, provvedere alla loro riparazione con modalità da concordare.

Messa in tensione dei cavi di precompressione

La messa in tensione delle armature dovrà avvenire per mezzo di apparecchiature già qualificate. L'appaltatore prima delle operazioni di messa in tensione dovrà redigere un progetto dettagliato delle modalità di applicazione della precompressione ed inviarlo, per informazione, alla Direzione Lavori. Durante le operazioni di tesatura ed eventuali ritesature delle tensioni, si dovranno registrare in un apposito modello:

- i tassi di precompressione
- gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo

Il modello, una volta compilato, sarà inserito nel dossier di controllo del manufatto.

#### Controlli dimensionali e strutturali dei manufatti



Questi controlli vanno eseguiti sul luogo di produzione degli elementi prefabbricati prima delle operazioni di montaggio e sono indipendenti dalle operazioni di collaudo da effettuarsi sull'impalcato finito. L'elenco dettagliato dei controlli andrà specificato nei piani di fabbricazione; si dovrà effettuare:

- la misura delle deformate all'atto della precompressione di tutti gli elementi prodotti. il documento di controllo. dovrà specificare quali sono le grandezze da rilevare: ad esempio, nel caso di travi precomprese, andranno misurate sia l'accorciamento assiale che le controfrecce in un numero significativo di punti. Per un elemento ogni 5 questa misura andrà ripetuta dopo 3 giorni dalla tesatura e poi settimanalmente per tutta la fase di stoccaggio del pezzo;
- il controllo dimensionale rigoroso di un elemento ogni 10 prodotti

I controlli dimensionali sono da intendersi positivi, salvo limitazioni più restrittive previste in progetto, quando vengono rispettate le seguenti tolleranze ( $s$  = scarto ammissibile):

lunghezza delle travi:  $s = \pm \frac{L}{1000}$  con un massimo di  $\pm 2$  cm  
dimensioni globali della sezione (altezza, larghezza delle ali etc.):

$s = \frac{L}{200}$  con un massimo di 4 mm

spessore delle anime:  $s = \pm \frac{S}{100}$  con un massimo di  $\pm 3$  mm

la prova di carico in fase elastica si condurrà assoggettando il pezzo a n. 3 cicli di carico la cui entità e modalità di applicazione deve essere prevista nel documento di controllo in modo da avere deformazioni significative, compatibilmente con le dimensioni del pezzo da provare. Questa prova andrà condotta sui tre primi pezzi prodotti per poter eventualmente intervenire immediatamente sulla produzione.

#### Controlli e documentazione

Devono essere osservate tutte le prescrizioni del D.M. 03.12.87 e della C.M. n° 31104 del 16.03.89 e del D.M. 17/01/2018 circa controlli, prove e relativa documentazione (tenuta dal “Registro di produzione” ecc.). Copia di tutti i documenti previsti deve essere presentata, se richiesta, alla Direzione Lavori.

In ogni caso, per tutte le travi o altri manufatti, negli stabilimenti o nei cantieri di prefabbricazione a piè d’opera, devono essere trascritti, nel “Registro di produzione”, i seguenti dati:

- a) sigla o contrassegno del manufatto riferita al disegno di monitoraggio;
- b) peso del manufatto;
- c) data e ora di fine getto;
- d) data e ora di rilascio di trecce/trefoli (per strutture pre-tese) o di tesatura dei cavi o barre (per strutture post-tese);
- e) tensione di tesatura delle armature di precompressione;
- f) per i manufatti pre-tesi allungamento a campione sul 30% di trecce/trefoli diritti e su tutti quelli eventualmente devianti;
- g) per i manufatti post-tesi allungamento parziale e totale di ogni cavo o barra;
- h) controfascia dei materiali impiegati;
- i) caratteristiche dei materiali impiegati.

I dati di cui al punto a, b, c, unitamente al nome del Produttore, dovranno essere riportati, sulle travi, con vernice indelebile o targhe metalliche, in un punto visibile dalla zona di ispezione del pulvino.

### **3.7 CALCESTRUZZI SPECIALI**

#### **3.7.1 Calcestruzzo Reodinamico SCC**

Il calcestruzzo reodinamico (autocompattante o SCC) ha la caratteristica di scorrere molto facilmente ed espellere l’aria senza richiedere vibrazione, riempiendo per gravità tutto il volume del getto. Risulta pertanto particolarmente indicato:

- per ottenere una elevata compattezza (massa volumica) e assenza di vespai, con un’ottima faccia vista;
- per casseforme sottili e di forma complessa;
- per manufatti molto armati,
- per eseguire da una sola estremità getti di lunghezza elevata difficilmente accessibili.
- per ridurre i tempi di scarico e lavorazione.



L'adozione di calcestruzzo autocompattante richiede l'impiego di casseri dimensionati in modo da resistere alla spinta idrostatica di un battente di calcestruzzo fluido pari alla parete della cassaforma. Le caratteristiche del calcestruzzo reodinamico saranno le seguenti:

- dosaggio minimo di cemento non inferiore al valore previsto dalla UNI 11104,
- rapporto a/c non superiore a quello previsto dalla UNI 11104,
- filler calcareo o cenere volante, dosaggio = 120 kg/m<sup>3</sup>
- contenuto di fini = 520 kg/m<sup>3</sup> (parti fini = cemento + componenti < 100 micron);
- rapporto in volume acqua/parti fini 0.95÷1.03;
- aggregati aventi D<sub>max</sub> = 20 mm;
- superfluidificante specifico per calcestruzzo reodinamico a base di polycarbosilati eteri capace di una riduzione d'acqua del 20 - 25% rispetto al calcestruzzo tal quale non additivato di pari lavorabilità, dosato al 0.8÷1.5 litri per 100 kg delle parti fini;
- agente viscosizzante specifico, costituito tassativamente da una soluzione acquosa di macropolimeri a base di cellulosa modificata, dosaggio 0.8÷1.5 litri per 100 kg delle parti fini;
- mantenimento della lavorabilità del calcestruzzo per almeno 60 minuti anche a T = 25°C con riduzione massima di 5 cm del valore ottenuto con lo slump-flow test.
- slump-flow test secondo UNI 11041, tra 600 e 700 mm,
- V-funnel test, UNI 11042, tra 8 e 12 s,
- U<sub>box</sub> = 30 mm (prova da eseguire secondo UNI 11044 almeno in fase di qualifica della miscela).

### 3.7.2 Calcestruzzi leggeri

Possono essere utilizzati calcestruzzi leggeri strutturali, per parti di strutture in cemento armato, e calcestruzzi leggeri non strutturali per riempimenti di cavità e per strati di coibentazione.

#### 3.7.2.1 Calcestruzzo leggero strutturale

Ove richiesto in Progetto, si farà uso di conglomerato cementizio leggero a struttura chiusa ottenuto sostituendo tutto o in parte l'inerte ordinario con aggregato leggero artificiale, costituito da argilla o scisti espansi.

Questo calcestruzzo sarà caratterizzato da una classe di massa volumica a 28 d secondo la Tabella riportata nella norma UNI-EN 206.

Classe di massa volumica	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
Intervallo di massa Volumica	≥800 e ≤ 1000	>1 000 e ≤ 1200	>1200 e ≤ 1400	>1400 e ≤ 1600	>1600 e ≤ 1800	>1800 e ≤ 2000

Classificazione del Calcestruzzo Leggero in base alla Massa volumica

In riferimento alla classe di resistenza abbiamo invece la seguente classificazione:

Classe di resistenza a compressione	Resistenza caratteristica cilindrica minima $f_{ck,cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	Resistenza caratteristica cubica minima <sup>a)</sup> $f_{ck,cube}$ N/mm <sup>2</sup>
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

a) Possono essere utilizzati anche altri valori, se la relazione fra questi e la resistenza cilindrica di riferimento è stabilita con sufficiente accuratezza ed è documentata.

Classificazione del Calcestruzzo Leggero in base alla Massa volumica





La resistenza verrà controllata con la stessa procedura prevista per il calcestruzzo di massa volumica normale. Anche per questo conglomerato devono essere soddisfatte le prescrizioni relative alla durabilità, in particolare per quanto concerne il rapporto acqua/cemento ed il dosaggio di cemento.

In caso di pompaggio è necessario prevedere una presaturazione dell'aggregato allo scopo di prevenire assorbimento sotto pressione dell'acqua di impasto. L'additivo fluidificante impiegato e la composizione della miscela permetteranno di ottenere un calcestruzzo di consistenza S4 esente da fenomeni di galleggiamento dell'aggregato leggero. Questa caratteristica verrà controllata preparando provini alti almeno 20 cm, da rompere alla brasiliana, in modo da poter verificare l'omogeneità dell'aggregato alle varie altezze.

### 3.7.2.2 Calcestruzzo leggero non strutturale e cellulare

Questi tipi di conglomerato cementizio, da utilizzare per riempimenti di scavi facilmente rimovibili, strati di coibentazione, ecc.. aventi massa volumica a secco da 300 a 1000 kg/m<sup>3</sup>, resistenza a compressione da 1 a 10 N/mm<sup>2</sup> e conducibilità termica massima da 0.085 a 0.15 kcal/mh°C, verranno ottenuti mediante agenti schiumogeni e dosaggi di cemento di almeno 330 kg/m<sup>3</sup>, di cemento tipo 32.5 o 42.5. Il materiale dovrà avere una resistenza minima di 1 N/mm<sup>2</sup>, e una stabilità ed omogeneità del contenuto d'aria, dal punto di miscelazione fino alla posa in opera. In funzione dei requisiti fissati dal progettista, si dovranno eseguire prove di qualifica della miscela. Il calcestruzzo dovrà essere prodotto con attrezzatura automatica dotata di sistema computerizzato per la regolazione della miscelazione e della produzione. In alternativa il calcestruzzo leggero non strutturale si otterrà impiegando come aggregato sferette di polistirolo espanso.

### 3.7.3 Calcestruzzo proiettato (CP)

Il rivestimento delle pareti di scavo, pendici o di pozzi di fondazione, paratie, rivestimenti di prima fase in galleria, potrà essere eseguito con conglomerato cementizio proiettato. Detto conglomerato dovrà essere confezionato nel rispetto della presente Norma Tecnica e, per gli aspetti non considerati, in conformità alla UNI EN 10834.

#### 3.7.3.1 Tipi di calcestruzzo proiettato

La consistenza delle miscele di calcestruzzo proiettato per via umida verrà qualificata nelle classi della UNI EN 206 S4 ed S5. Per il CP dovranno essere rispettate le prescrizioni per la durabilità (in termini di rapporto acqua/cemento, dosaggio minimo di cemento, resistenza minima, e tipo di cemento) in funzione della classe di esposizione secondo UNI 11104. La resistenza a compressione del CP dovrà essere specificata in classi di resistenza in funzione dell'impiego previsto, in accordo alla UNI EN 206-1.

La classe di resistenza di un calcestruzzo proiettato si indica con la sigla CP seguita dal valore di resistenza cubica che lo caratterizza (es. CP16). Le resistenze di riferimento dei calcestruzzi proiettati non sono valutate su provini confezionati ma su provini estratti per carotaggio, in opera o da pannelli di prova, e sono espresse in termini di resistenza caratteristica cilindrica ed indicate come  $f_{ck-cp}$ . Le carote devono avere altezza pari al diametro; questo deve essere sempre maggiore ad almeno 3 volte la massima dimensione degli inerti di pezzatura maggiore con un minimo di 8 cm. Per la misura e la valutazione dei risultati si procederà come indicato al punto 6.2.4.1 della UNI 10834. Inoltre il calcestruzzo proiettato potrà essere classificato in funzione della velocità di indurimento, nelle classi di resistenza del calcestruzzo giovane: J1, J2 o J3 in accordo con la Figura seguente.

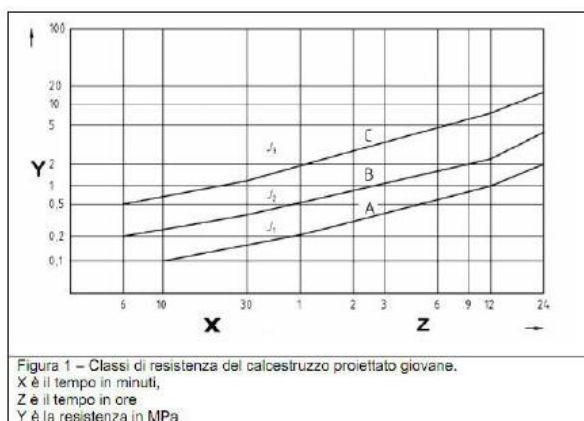


Figura 1 – Classi di resistenza del calcestruzzo proiettato giovane.  
X è il tempo in minuti,  
Z è il tempo in ore  
Y è la resistenza in MPa



L'assegnazione alla classe J1 si richiede che almeno 3 valori di resistenza cadano tra le curve A e B, per la classe J2 tra le curve B e C e al di sopra della curva C per il calcestruzzo proiettato classe J3.

Le prove di resistenza sul calcestruzzo proiettato giovane si eseguiranno con le modalità nel seguito specificate.

### 3.7.3.2 Composizione del calcestruzzo proiettato

Il CP verrà confezionato con aggregati d'appropriata granulometria continua, ottenuto con almeno due classi granulometriche e di dimensioni non superiori a 12,5 mm, tali da poter essere proiettati ad umido o a secco con le normali attrezzature da "spritz", salvo diverse prescrizioni progettuali.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà essere superiore a 0,5, il dosaggio di cemento non inferiore a 450 kg/m<sup>3</sup>.

Per ottenere questo risultato si dovrà impiegare un additivo riduttore d'acqua a rilascio progressivo a base di carbossilato etere conforme alle UNI EN 934-2, UNI EN 480 (1-2) e UNI EN 10765, capace di una riduzione d'acqua a pari consistenza di almeno il 20%. La miscela dovrà avere una consistenza S4 o S5 con un mantenimento della lavorabilità di almeno 60'. Se la temperatura esterna è maggiore di 25°C e ammessa, dopo un'ora dalla miscelazione, una riduzione dello slump non superiore al 15%. Il calcestruzzo verrà additivato con acceleranti alcali-free in misura mediamente dell'8% ma sempre minore del 12% in peso del cemento.

Detti acceleranti dovranno essere costituiti da una soluzione acquosa (perciò non contenere prodotto solido sospeso) e dovranno avere:

- un contenuto di alcali (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) < 0,1% in peso,
- un tenore di cloruro (Cl<sup>-</sup>) < 0,1%,
- una densità di ~ 1,36 kg/lit,
- non dovranno essere caustici e dovranno avere un pH di 3 +/- 1

Il produttore dovrà operare in conformità alle UNI EN ISO 9001:2000.

Ai fini della coesione del calcestruzzo, della durabilità dei manufatti e per evitare eventuali fenomeni di dilavamento, tutto il CP verrà additivato con fumo di silice in misura da 5 a 8% in peso sul cemento.

## 3.8 CASSEFORME

Per tali opere provvisorie l'Appaltatore comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando l'esclusiva responsabilità l'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 nell'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.

Tutte le attrezzature dovranno essere dotate degli opportuni accorgimenti affinché, in ogni punto della struttura, la rimozione dei sostegni sia regolare ed uniforme.

### 3.8.1 Caratteristiche delle casseforme

Si prescrive l'uso di casseforme metalliche o di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso le casseforme 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. Potranno essere adottate apposite matrici se prescritte in progetto per l'ottenimento di superfici a faccia vista con motivi o disegni in rilievo. Nel caso di 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. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto 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.



### **3.8.2 Pulizia e trattamento**

I casseri devono essere puliti e privi di elementi che possano in ogni modo pregiudicare l'aspetto della superficie del conglomerato cementizio indurito. Dove e quando necessario si farà uso di prodotti disarmanti disposti in strati omogenei continui. I disarmanti non dovranno assolutamente macchiare la superficie in vista del conglomerato cementizio. 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.

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.

### **3.8.3 Giunti e riprese di getto**

I giunti tra gli elementi di cassaforma saranno realizzati con ogni cura al fine di evitare fuoriuscite di boiaccia e creare irregolarità o sbavature; potrà essere prescritto che tali giunti debbano essere evidenziati in modo da divenire elementi architettonici. Le riprese di getto saranno, sulla faccia vista, delle linee rette e, qualora richiesto dalla Direzione Lavori, saranno marcate con gole o risalti di profondità o spessore di 2-3 cm., che all'occorrenza verranno opportunamente sigillati.

### **3.8.4 Legature delle casseforme e distanziatori delle armature**

I dispositivi che mantengono in posto le casseforme, quando attraversano il conglomerato cementizio, non devono essere dannosi a quest'ultimo, in particolare viene prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi delle casseforme vengano fissati nella esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio; dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla DL, potranno essere adottati altri sistemi prescrivendo le cautele da adottare. E' vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici, sono ammessi quelli in plastica, ma ovunque sia possibile dovranno essere usati quelli in malta di cemento. La superficie del distanziatore a contatto con la cassaforma deve essere la più piccola possibile, si preferiranno quindi forme cilindriche, semicilindriche e semisferiche.

### **3.8.5 Predisposizione di fori, tracce, cavità, etc.**

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, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, etc.

### **3.8.6 Disarmo**

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. La rimozione dell'armatura di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze.

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto prescritto dal DM 17/01/2018.

Si dovrà controllare che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione chimica, escludendo i lubrificanti di varia natura. La DL potrà prescrivere che le murature di calcestruzzo vengano rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione.

In tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentirne l'adattamento e l'ammorsamento.

## **3.9 MAGRONI E MALTE**

### **3.9.1 Magroni**

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso secondo le modalità previste dal presente Capitolato, uno strato di calcestruzzo magro avente la funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro l'azione aggressiva del terreno. Lo spessore dello strato sarà desunto dai documenti di progetto. In corso d'opera si eseguiranno, a richiesta della DL prove di controllo a compressione su due cubetti, aventi lato 15 cm, per la determinazione, presso un laboratorio qualificato, della (Rm) resistenza media a compressione a 28 giorni. La frequenza delle prove sarà di una ogni 500 mc di magrone prodotto da ciascun impianto di betonaggio.



### **3.9.2 Malta di livellamento**

Sono malte confezionate con sabbia, acqua e cemento nelle dovute proporzioni ed utilizzate per la formazione di piani di appoggio con le tolleranze richieste dal progetto.

Le dimensioni degli inerti (sabbia) saranno di norma tra 0.8 e 2.0 mm. La composizione della malta, in assenza di diversa indicazione, sarà di 1 m<sup>3</sup> di inerte per 500kg/m<sup>3</sup> di cemento Portland normale. La quantità di acqua sarà quella necessaria per ottenere una malta plastica idonea a riempire perfettamente le tasche per bulloni e/o inserti e gli spazi tra il calcestruzzo e le piastre.

### **3.9.3 Malte speciali per inghisaggi**

Le malte di livellamento speciali sono quelle malte ottenute con l'aggiunta di acqua a componenti premiscelati ottenendo così delle malte a ritiro compensato ed elevato grado di fluidità da utilizzare per inghisaggi di strutture, o altri elementi da congiungere, evitando il ritiro della malta e l'eventuale microdistacco dalle parti da fissare. Il prodotto premiscelato, la cui granulometria sarà adeguata agli spessori delle malte sarà addizionato con acqua nelle proporzioni indicate dal Fornitore e comunicate alla Direzione Lavori. Tali prodotti dovranno essere conformi alle norme UNI dalla 8993/87 alla 8998/87.

Le schede tecniche dei prodotti che l'Appaltatore intende utilizzare dovranno essere inviate per approvazione alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori stessi. Qualora previsto nelle prescrizioni del progetto o richiesto dalla Direzione Lavori, le malte saranno sottoposte al controllo della resistenza meccanica da eseguirsi su provini prismatici 40 mm x 40 mm x 160 mm come previsto dal D.M. 3.6.1968, alle stagionature di 1,3,7,28 e 91 giorni. Nel caso che nel progetto non siano prescritti valori diversi, la malta deve avere le seguenti caratteristiche:

- resistenza a compressione > 80 N/mm<sup>2</sup>
- resistenza flessione > 10 N/mm<sup>2</sup>
- coefficiente di permeabilità < 1x10<sup>-12</sup>
- resistenza allo sfilamento, dopo 28 giorni, 20 N mm<sup>2</sup>

### **3.9.4 Iniezioni nelle guaine dei cavi di precompressione**

Nelle strutture in cemento armato precompresso con cavi scorrevoli, allo scopo di assicurare l'aderenza e soprattutto proteggere i cavi dalla corrosione, è necessario che le guaine vengano iniettate con pasta di cemento fluida, a ritiro compensato e con adeguata resistenza meccanica come nel seguito specificato. Tale miscela costituita da cemento, additivi ed acqua, non dovrà contenere cloruri o agenti che provocano espansione mediante formazione di gas aggressivi. Le prescrizioni di seguito riportate si intendono integrative a quanto prescritto dalle vigenti Norme di Legge.

### **3.9.5 Caratteristiche della miscela fluida**

Per l'impasto dovrà essere utilizzata acqua con le caratteristiche descritte nei paragrafi precedenti. Il rapporto a/c della miscela, da determinare sperimentalmente per ogni tipo di cemento, dovrà essere il minore possibile compatibilmente con la fluidità richiesta e comunque non dovrà superare il valore di 0,38; La massa volumica della miscela fresca non dovrà risultare inferiore a 1.85 t/m<sup>3</sup>; La fluidità della miscela cementizia da iniettare dovrà essere misurata con il cono di Marsh all'entrata ed all'uscita di ogni guaina; l'iniezione continuerà finché la fluidità della pasta cementizia in uscita non sarà analoga a quella della pasta cementizia in entrata con una tolleranza di  $\pm 4$  secondi; La fluidità dovrà essere determinata misurando i tempi di flusso di 1000 cm<sup>3</sup> di miscela; questa sarà ritenuta idonea quando il tempo di flusso di 1000 cm<sup>3</sup>, attraverso l'ugello di 8 mm, sarà compreso tra 17 e 25 secondi. L'essudazione dovrà essere minore dell'0.2%; il controllo si esegue versando 1000 cm<sup>3</sup> di miscela in un cilindro graduato avente diametro di 60 mm e altezza di 450 mm circa misurando l'eventuale acqua essudata sulla superficie della miscela, mantenuta in riposo per tre ore; Il ritiro dovrà essere assente; l'espansione, misurata secondo quanto previsto nella Norma UNI 8996 dovrà essere superiore al 4%; Il tempo di inizio presa a 30 °C, misurato secondo la Norma UNI-ENV 196/3, dovrà essere superiore a tre ore ed il tempo di fine presa dovrà essere inferiore a 6 ore. Il coefficiente di dilatazione termica dovrà essere pari a 0.00001 con tolleranza del 20% in aumento e del 5% in diminuzione.

### **3.9.6 Resistenza meccanica**

La resistenza a compressione semplice su provini cubici aventi lato di 7 o 10 cm dovrà risultare non inferiore a 25 N/mm<sup>2</sup> dopo 3 giorni, a 37 N/mm<sup>2</sup> dopo 7 giorni e a 50 N/mm<sup>2</sup> dopo 28 giorni e la massa volumica degli stessi non inferiore a 1.90 t/m<sup>3</sup>. La resistenza a trazione per flessione a 8 giorni dovrà essere uguale o maggiore a 4 N/mm<sup>2</sup>.



### **3.9.7 Modalità di preparazione e iniezione**

L'impastatrice dovrà essere del tipo ad alta velocità con almeno 1500-2000 giri/min. E' vietato l'impasto a mano ed il tempo di mescolamento verrà fissato di volta in volta in base ai valori del cono di Marsh modificato; Prima di essere immessa nella pompa la miscela dovrà essere vagliata con setaccio avente maglia di 2 mm di lato; Nel caso di iniezione con pompa dovrà essere tassativamente prescritta la presenza di tubi di sfiato in corrispondenza di tutti i punti più elevati di ciascun cavo comprese le trombette ed i cavi terminali. I tubi di sfiato dovranno essere presenti anche nei punti più bassi dei cavi lunghi e con forte dislivello. Nel caso di iniezione sottovuoto questa dovrà essere eseguita utilizzando un'apposita attrezzatura aspirante in grado di creare e mantenere, con la valvola di ingresso chiusa, una depressione di almeno 25 kPa nella guaina da iniettare. La pompa aspirante dovrà avere una portata nominale di almeno 30 m<sup>3</sup>/h e dovrà essere accoppiata a un'ídonea attrezzatura equipaggiata di conta litri per la misura del volume della guaina da iniettare. L'iniezione potrà essere eseguita dopo aver misurato il volume della guaina e verificato la possibilità di mantenere stabilmente nella medesima una depressione di almeno 25 kPa. Durante l'iniezione si dovrà verificare che:

- non vi siano possibilità di infiltrazioni di aria nella guaina all'atto dell'immissione della pasta e per tutto il tempo dell'iniezione; gli eventuali punti di infiltrazione dovranno essere individuati e siglati;
- a pompa venga mantenuta in funzione fin quando la pasta non fuoriesce dal lato opposto della guaina;
- la depressione nella guaina non superi i 35 kPa ;
- il volume di pasta iniettata sia pressoché uguale al volume della guaina.

Quando la pasta fuoriesce dal lato opposto, si dovrà chiudere con una valvola il condotto di fuoriuscita e si dovrà proseguire a pompare fino a raggiungere la pressione di 500 kPa che dovrà essere mantenuta senza pompare per almeno 1 minuto. L'iniezione dovrà essere continua e non potrà assolutamente venire interrotta. Nel caso di interruzione superiore a 5 minuti il cavo dovrà essere lavato e l'iniezione ripresa dall'inizio. Si dovrà provvedere con appositi contenitori affinché la miscela di sfrido non venga scaricata, senza alcun controllo, sull'opera od attorno ad essa.

## **3.10 ACCIAIO D'ARMATURA PER C.A. E C.A.P.**

### **3.10.1 Approvvigionamento dell'acciaio in barre**

Saranno ammessi alla fornitura di acciaio per costruzioni soltanto fornitori prequalificati dall'Appaltatore. Prima dell'inizio della fornitura si dovrà trasmettere una lettera di notifica alla DL con il nominativo del Fornitore, i tipi d'acciaio e le caratteristiche della gamma richiesta e copia del dossier di qualificazione. L'Appaltatore dovrà documentare la provenienza, il tipo e la classe di ogni partita di acciaio in barre che entra in cantiere, nonché il peso complessivo della partita e quello dei tondini di uno stesso diametro. Per partita si intende il quantitativo di materiale che, pervenendo da un unico stabilimento nel periodo massimo di una settimana, potrà essere considerato come unica fornitura omogenea sia per titolo che per caratteristiche fisico-meccaniche.

### **3.10.2 Controllo del peso e della sezione**

Per il controllo del peso effettivo da ogni partita dovranno essere prelevati dei campioni di barra. Qualora risultassero sezioni effettive inferiori a quelle ammesse dalle tolleranze previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086 il materiale verrà rifiutato e subito allontanato dal cantiere.

Qualora il peso effettivo risultasse inferiore al 98% di quello teorico e fosse accettabile in base alle tolleranze previste nel D.M. attuativo della Legge n° 1086, dovranno essere aggiunte (modificando i disegni di progetto e informando il Direttore dei Lavori) barre in quantità sufficiente a realizzare una sezione di acciaio non inferiore a quella prevista dal progetto esecutivo originariamente approvato.

### **3.10.3 Controllo di qualità**

Per l'acciaio controllato in stabilimento, l'Appaltatore dovrà produrre la documentazione prescritta dalle norme in vigore (D.M. 17/01/2018) che certifichi gli avvenuti controlli (esistenza del Marchio depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici) e consentire al Direttore dei Lavori di accertare la presenza dei contrassegni di riconoscimento. Tutte le forniture di acciaio dovranno essere accompagnate da un certificato di un Laboratorio Ufficiale, riferito al tipo di armatura di cui trattasi, e marchiate secondo quanto previsto dal D.M. 17/01/2018.

Durante i lavori dovranno essere prelevati, per essere inviati a Laboratori Ufficiali o autorizzati, non meno di tre campioni per ciascun diametro utilizzato, ogni 1000 barre o partita se di minore entità, della lunghezza rispettivamente di:

- 1,20 m per diametro delle barre inferiore o uguale a 10mm;
- 1,50 m per diametro delle barre compreso tra 12 e 18 mm;
- 1,80 m per diametro delle barre superiore o uguale a 20 mm.



In caso di risultato sfavorevole delle prove di resistenza e duttilità, previste per legge, il complesso delle barre al quale si riferisce il campione dovrà essere accantonato e identificato in attesa dei risultati delle ulteriori verifiche.

Rimane comunque salva la facoltà del Direttore dei Lavori di disporre eventuali ulteriori controlli per giustificati motivi a carico dell'Appaltatore.

### **3.10.4 Giunzioni e saldature**

Eventuali giunzioni, quando non evitabili, dovranno essere realizzate con manicotti filettati.

L'Appaltatore dovrà consegnare preventivamente al Direttore dei Lavori le schede tecniche dei prodotti che intende utilizzare. L'impiego di saldature non è di norma consentito e può essere applicato solo per le gabbie di armatura dei pali di fondazione e in casi speciali dietro autorizzazione del DL. Per le gabbie di armatura dovranno comunque essere effettuati prelievi di barre con elementi di staffa saldati da sottoporre a prove di trazione presso laboratori autorizzati con lo scopo di verificare che la saldatura non abbia provocato una riduzione di resistenza nelle barre. Negli altri casi, le modalità di saldatura, che devono essere descritte in un'apposita procedura redatta dall'appaltatore, devono essere approvate dalla DL prima dell'inizio delle attività. Nel corso dei lavori il Direttore dei Lavori, per giustificati motivi, potrà comunque richiedere ulteriori prove di controllo sulle saldature eseguite.

### **3.10.5 Realizzazione delle gabbie e posizionamento delle armature per c.a.**

Le gabbie di armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto. Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile. La posizione delle armature metalliche entro i casseri dovrà essere garantita utilizzando esclusivamente opportuni distanziatori in materiale plastico non deformabile oppure di malta o pasta cementizia, in modo da rispettare il copriferro prescritto.

L'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante il getto.

### **3.10.6 Posizionamento delle armature di precompressione**

L'Appaltatore dovrà attenersi rigorosamente alle disposizioni contenute nei disegni costruttivi, in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione (da uno o da entrambi gli estremi);
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni.

Oltre a quanto prescritto nel D.M. attuativo della Legge n° 1086, si precisa che nella posa in opera delle armature di precompressione l'Appaltatore dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di adeguati supporti. Al fine di preservare le armature metalliche delle strutture in cemento armato precompresso dall'azione corrosiva delle correnti vaganti, l'Appaltatore è tenuto a collegare tutti i ferri delle armature di precompressione tra loro nelle testate delle strutture mediante un conduttore di acciaio da collegare con un terminale da realizzare con un tondo di ferro dolce del diametro di 24 mm e sporgente dalla struttura per una lunghezza non inferiore a 20 cm. Poiché tale conduttore dovrà servire, dopo l'ultimazione dell'opera e dopo l'attivazione dell'esercizio, al rilevamento delle correnti vaganti e eventualmente poi alla messa a terra delle strutture o alla loro protezione catodica, lo stesso dovrà già essere previsto, nella fase di progettazione, in posizione accessibile ad opera ultimata. Tutti i collegamenti, di cui sopra, dovranno, preferibilmente, essere ottenuti mediante saldatura. Qualora tale procedimento non fosse possibile, per motivi di sicurezza inerenti all'integrità delle armature di precompressione, si potranno effettuare i collegamenti stessi con altro sistema, che assicuri un sufficiente grado di conduttività anche col volgere degli anni. Nel caso di strutture in c.a.p. ad armature pretese e per le quali risultasse di difficile esecuzione il collegamento delle estremità delle armature stesse con un conduttore, si potrà provvedere all'isolamento elettrico dell'impalcato, mediante verniciatura delle superfici di testata con opportune resine sintetiche e dielettriche. Comunque anche per le travi pretese si prevederà il collegamento elettrico dei trefoli in testata con le modalità previste dal presente Capitolato limitatamente all'1% delle travi di ciascun viadotto con un minimo di 1 trave per viadotto. Le tolleranze nel posizionamento delle armature normali (cavi e/o barre) sono riportate di seguito; chiamando S lo scarto tra la posizione teorica di progetto e quella effettiva in opera, sono ammessi questi valori:

copriferro armature strutturali:

S = - 0.0 cm



$S = + 1.5 \text{ cm}$  ( $S = 1.0 \text{ cm}$  per solette)

armature di ripartizione o di diffusione (nel senso ortogonale al copriferro):

$S = \pm 2.0 \text{ cm}$  (purchè siano rispettati i valori di copriferro ed interferro).

armature da precompressione:

cavi e/o barre:  $S = \pm 1.0 \text{ cm}$

trefoli:  $S = \pm 0.5 \text{ cm}$

interasse delle staffe:

$S = \pm 2.0 \text{ cm}$  (purchè le differenze positive e negative si compensino nello spazio di 1 m).

### **3.10.7 Tesatura delle armature di precompressione**

Per le operazioni di tesatura vale quanto indicato al paragrafo relativo al cls precompresso.(6.10). Nelle strutture ad armatura pretesa le armature di precompressione dovranno essere ricoperte dal calcestruzzo per tutta la loro lunghezza. Per quanto riguarda l'iniezione di guaina nei cavi di precompressione si rimanda alle prescrizioni contenute nel paragrafo relativo al cls precompresso.

## **3.11 QUALIFICA DEL CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Si definiscono di seguito le varie successioni dei controlli da eseguirsi sul conglomerato cementizio e sui suoi singoli componenti (successivamente specificato nel documento di Controllo Qualità).

### **3.11.1 Studi preliminari di pre-qualifica**

Prove, studi, certificazioni e valutazioni da eseguire, prima della qualifica all'impianto, per l'approvazione da parte del Direttore dei Lavori del mix design, progetto della miscela di calcestruzzo.

### **3.11.2 Qualifica della miscela all'impianto**

Verifica delle miscele pre-qualificate effettuata presso l'impianto di confezionamento che verrà utilizzato in corso d'opera per la produzione del calcestruzzo.

Controlli di conformità in corso d'opera

Controlli da eseguire per verificare la conformità del calcestruzzo e dei suoi singoli costituenti ai requisiti del progetto e della miscela qualificata.

Sono inclusi tra tali controlli anche quelli definiti "di accettazione", relativi alle resistenze meccaniche, specificati dalle Norme Tecniche attuative della Legge n°1086.

L'Appaltatore dovrà disporre di almeno un Laboratorio (in cantiere, all'impianto di confezionamento o nelle immediate vicinanze) idoneo all'esecuzione di tutte le prove di qualifica e conformità del calcestruzzo fresco ed indurito e dei materiali costituenti, ad eccezione delle determinazioni chimiche, delle prove di permeabilità (profilo di penetrazione dell'acqua in pressione o coefficiente k) nonché di resistenza meccanica per le quali i campioni e i provini dovranno essere inviati a un Laboratorio Ufficiale o autorizzato.

Presso il laboratorio responsabile delle prove di qualifica dovranno essere disponibili le seguenti apparecchiature:

- Forno per essiccare;
- Setacci;
- Bilancia di portata fino a 20 kg e sensibilità 1 gr;
- Termometro a immersione per calcestruzzo;
- Porosimetro;
- Picnometro;
- Contenitore tarato;
- Cono di Abrams o tavola a scosse;
- Casseforme di acciaio o PVC per il prelievo di almeno 32 cubetti;
- Impastatrice da laboratorio;
- Piastra o ago vibrante;
- Sclerometro;
- Termometro a max-min;
- Contenitore ermetico ed alcool per il controllo del calcestruzzo "checking fresh"
- Camera o vasca di stagionatura dei provini di calcestruzzo.



L'Appaltatore dovrà inoltre essere in grado di garantire la disponibilità, con preavviso di due giorni, delle seguenti apparecchiature:

- Attrezzatura per la registrazione delle temperature del calcestruzzo durante la presa e l'indurimento, dotata di almeno sei termocoppie;
- Pressa da laboratorio con carico massimo pari ad almeno 2000 kN
- Carotatrice idonea al recupero di carote con diametro fino a 100 mm.

### 3.11.3 Pre-qualifica e qualifica all'impianto

Studi preliminari di prequalifica

Almeno 45 giorni prima dell'inizio dei getti, l'Appaltatore dovrà presentare per l'approvazione gli studi di qualifica degli impasti e dei relativi costituenti per tutti i tipi e le classi di calcestruzzo previste negli elaborati progettuali. La documentazione dovrà attestare la conformità del calcestruzzo e dei singoli costituenti alle prescrizioni e norme riportate nel presente documento.

In particolare nella relazione di qualifica dovrà essere fatto esplicito riferimento a:

- materiali che si intendono utilizzare, indicandone provenienza, tipo e qualità;
- conformità dei materiali costituenti a quanto prescritto nel precedente capitolo 4;
- massa volumica reale s.s.a. e assorbimento, per ogni classe di aggregato, valutati secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a;
- studio granulometrico per ogni tipo e classe di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio del cemento;
- rapporto acqua-cemento;
- classe di esposizione ambientale a cui è destinata la miscela;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi;
- proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica;
- classe di consistenza secondo le Norme UNI EN 12350-2:2001UNI o EN 12350-5:2001
- risultati delle prove di resistenza a compressione;
- curve di resistenza nel tempo (almeno per il periodo 2-28 giorni);
- caratteristiche dell'impianto di confezionamento e stato delle tarature;
- sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.

Potranno inoltre essere richiesti:

- curve della massa volumica del calcestruzzo fresco in funzione del rapporto a/c (non applicabile al calcestruzzo proiettato);
- curve di resistenza in funzione dei valori di consistenza e del rapporto a/c nel caso di miscele con classe di consistenza minore di S4 (non applicabile al calcestruzzo proiettato);
- preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del calcestruzzo (cicli gelo - disgelo, resistenza all'attacco chimico, ecc.).

#### Qualifica all'impianto

In questa fase vengono realizzati impasti prova all'impianto di produzione. I requisiti richiesti sono i seguenti: il valore della resistenza media a compressione a 28 giorni, misurata su almeno 4 prelievi (la resistenza di ciascun prelievo è la media delle resistenze a compressione di due o più provini), deve essere:

per	$R_{ck} < 30 \text{ N/mm}^2$	$R_m \geq 1,25 R_{ck}$
per	$30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$	$R_m \geq 1,20 R_{ck}$
per	$R_{ck} > 40 \text{ N/mm}^2$	$R_m \geq 1,15 R_{ck}$

con valore minimo di ogni singolo provino  $R_i \geq R_{ck}$  ;

il valore dell'abbassamento al cono deve essere conforme alla classe di consistenza dichiarata e si mantenga entro i limiti della stessa, con la tolleranza di  $\pm 20 \text{ mm}$  su detti limiti:

- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;
- per almeno 45 minuti per temperature fino a 35°C.

deve essere verificata l'omogeneità (all.1.A) del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera:

In tal caso dette  $p_1$  e  $p_2$  le percentuali in peso di trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni, dopo vagliatura a umido dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$(p_1 - p_2) \leq 0,15 ((p_1 - p_2)/2)$$





L'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 6393 [19], non si discosti di + 0.03 da quello dichiarato nella prequalifica;

il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 98% del teorico.

Se le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 2, 7 e 28 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non si discostano di  $\pm 15\%$  dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica, queste verranno assunte a riferimento per i primi 50 prelievi; in caso contrario l'impasto di prova all'impianto dovrà essere ripetuto e i valori delle resistenze da assumere a riferimento per i primi 50 prelievi verranno determinate adottando, per ciascuna età di maturazione, la media delle resistenze a 2, 7 e 28 giorni dei due impasti di prova.

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'Appaltatore.

L'approvazione delle proporzioni delle miscele da parte del Direttore dei Lavori non libera in alcun modo l'Appaltatore dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti.

I materiali costituenti gli impasti di prova dovranno stati sottoposti ai controlli descritti in precedenza e comunque di seguito riassunti:

Cemento:

- prove previste dalla Legge 595/65 e dal D.M. 13/9/1993, nonché prove chimiche e diffrattometriche come previsto nelle presenti prescrizioni;

Sabbie:

- modulo di finezza;
- contenuto di passante a 0,075 mm; UNI 8520 parte 7°
- contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali; UNI EN 1744-1:2010
- contenuto di grumi di argilla e particelle leggere friabili; UNI 8520 parte 8°
- contenuto di solfati e di cloruri solubili; UNI EN 1744-1:2010
- contenuto di sostanze organiche; UNI EN 1744-1:2010
- equivalente in sabbia e valore di blu; UNI EN 933-8 E UNI EN 933-9
- analisi granulometrica. UNI EN 933-1.

Aggregato grosso:

- esame petrografico; UNI EN 032-3.
- contenuto passante a 0,075 mm; UNI 8520 parte 7°
- contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali; UNI EN 1744-1:2010
- contenuto di grumi di argilla e particelle leggere friabili; UNI 8520 parte 8°
- degradabilità agli attacchi di soluzioni solfatiche; UNI EN 1367-2.
- contenuto di cloruri solubili; UNI EN 1744-1:2010
- contenuto di solfati; UNI EN 1744-1:2010
- massa volumica e assorbimento superficiale; UNI EN 1097-6:2008
- resistenza a compressione; UNI 8520 parte 17°
- coefficiente di forma ed appiattimento; UNI EN 933-3.
- perdita di massa per urto e rotolamento; UNI EN 1097-2.
- resistenza ai cicli di gelo e disgelo; UNI EN 1367-1:2007
- potenziale reattività in presenza di alcali UNI 8520 parte 22°
- analisi granulometrica. UNI EN 933-1.

Acqua di impasto:

- contenuto di solfati e cloruri;
- contenuto di acido solfidrico;
- contenuto totale di sali minerali;
- contenuto di sostanze organiche;
- contenuto di sostanze solide sospese.
- Ph

Calcestruzzo fresco:

- rapporto acqua/cemento;
- classe di consistenza;
- determinazione acqua essudata;
- dosaggio del cemento;
- contenuto totale calcolato di cloruri;
- massa volumica;



- omogeneità;
- percentuale di aria occlusa.

Calcestruzzo indurito:

- determinazione della resistenza caratteristica a compressione;
- massa volumica;
- determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione secondo la Norma ISO 7031;
- determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo secondo la Norma UNI 7087;
- determinazione della resistenza all'attacco solfatico: UNI CEN/TR 15697:2008

La qualificazione delle miscele potrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta venissero a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico - chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

### 3.11.4 Controlli in corso d'opera

#### Controlli di conformità in corso d'opera

Il Direttore dei Lavori eseguirà controlli di conformità periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

Per i prelievi di campioni di calcestruzzo fresco si dovrà fare riferimento a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018.

Sul calcestruzzo indurito il Direttore dei Lavori potrà disporre l'esecuzione di prove e controlli integrativi mediante prelievo di carote e/o altri metodi non distruttivi quali prove sclerometriche, ultrasuoni, misure di resistività ecc., a totale carico dell'Appaltatore.

Controlli di conformità della resistenza a compressione su carote

Il prelievo, da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici con operazioni di taglio e rettifica delle basi.

Le seguenti raccomandazioni devono essere seguite nell'applicare il criterio di seguito esposto per la valutazione dei risultati:

- l'estrazione e la prova deve essere preferibilmente effettuata non oltre due mesi dalla posa in opera del calcestruzzo; per tempi più lunghi gli effetti di maturazione e carbonatazione superficiale possono portare a sovrastima delle resistenze di cui si deve tenere conto con i coefficienti di seguito indicati;
- l'estrazione dei provini da strutture in elevazione deve essere effettuata nella parte mediana delle strutture perché l'effetto di autocompattazione porta a incrementi della massa volumica e della resistenza nella parte inferiore;
- i provini ricavati dai prelievi non devono contenere al loro interno più di un elemento di armatura normale alla direzione di prova, in caso contrario il provino dovrà essere scartato.

La stima della resistenza caratteristica del calcestruzzo si baserà sui risultati ottenuti nelle prove a compressione su un numero  $n$  di provini estratti dalla porzione di struttura in esame.

Il diametro delle carote dovrà essere generalmente compreso tra 2.5 e 5 volte la dimensione massima dell'aggregato e comunque maggiore di 100 mm L'altezza dei provini cilindrici ricavati dalle carote dovrà essere pari al diametro.

Per ogni lotto di 100 m<sup>3</sup> di calcestruzzo indagato o frazione, il numero di provini  $n$  non dovrà risultare minore di quattro. Le carote una volta estratte, e i provini successivamente ricavati da esse, dovranno essere mantenuti umidi mediante idonei sistemi di protezione (teli umidi, sacchi chiusi, immersione in acqua, ecc.) fino alla prova di compressione; nelle lavorazioni di taglio e spianatura si dovrà evitare ogni essiccazione della superficie.

Le prove di compressione sulle carote dovranno essere eseguite esclusivamente presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati alla presenza del Direttore dei Lavori.

I dati riscontrati dovranno essere registrati con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura del Direttore dei Lavori.

Detta  $f_{\lambda}$  la resistenza a compressione determinata su una carota (N/mm<sup>2</sup>) secondo le modalità di prova previste nella Norma UNI 6132 [41], si stima la resistenza cubica relativa  $R_{ck}$  (stim) del calcestruzzo che costituisce la carota.

$$R_{ck}(\text{stim}) = f_{\lambda} * C * G / M$$

Dove:

$C$  è un coefficiente che tiene conto del disturbo arrecato al calcestruzzo durante il carotaggio.

$C = 1.050$  se  $\varnothing$  carota  $\geq 8$  cm

$C = 1.075$  se  $\varnothing$  carota  $< 8$  cm

$G$  è un coefficiente che tiene conto delle condizioni nelle quali è stato eseguito il getto e della possibilità di vibrare il calcestruzzo.

$G = 1.2$  per getti in opera di pali e diaframmi;

$G = 1.15$  per getti in opera in galleria;

$G = 1.05$  per le altre strutture con getto in opera



G = 1.0 per getti eseguiti in stabilimento

G = 1.3 per lo spritz beton

M è un coefficiente che tiene conto della maturazione del calcestruzzo.

Opera	Stagionatura	M
Pali e diaframmi	≤ 2 mesi	1
	Tra 2 e 4 mesi	1.025
	≥ 4 mesi	1.05
Altre opere	≤ 2 mesi	1
	> 2 mesi	1.05

Il confronto tra la resistenza caratteristica ottenuta dalle carote e la resistenza Rck ottenuta, per lo stesso calcestruzzo, a partire da provini cubici confezionati si esegue prendendo in considerazione la media ed il minore dei valori Rck (stim) ottenuti dalle carote. La verifica è soddisfatta se:

- Rck(stim) media  $\geq$  Rck + 3,5 (N/mm<sup>2</sup>)
- Rck(stim) minima  $\geq$  Rck - 3,5 (N/mm<sup>2</sup>)

#### Controlli particolari

Controlli particolari dovranno essere eseguiti con le modalità e frequenze indicate nelle specifiche di Controllo Qualità ed ogni qualvolta la Direzione Lavori ne ravvisasse la necessità.

### **3.12 PROVE DI CARICO**

Le prove di carico (collaudo statico) dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della DL.

L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata, con adeguato anticipo, con la DL. Sarà cura dell'APPALTATORE verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista dalle norme vigenti e dal "Specifiche di Controllo Qualità".

Prima della effettuazione delle prove l'APPALTATORE dovrà concordare con la DL la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare, garantendo la operabilità e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie.

Sarà cura dell'APPALTATORE assicurare, nel rispetto delle norme di sicurezza, la completa accessibilità sia alle opere da collaudare che agli strumenti di misura.

Per le opere realizzate anche parzialmente con elementi in precompresso si dovrà rispettare anche la normativa FS in vigore. Qualora siano disponibili le prove di carico sull'elemento prefabbricato di cui al relativo punto, queste andranno tenute presenti nel valutare i dati delle prove di collaudo sull'impalcato completo.

### **3.13 SPECIFICHE CONTROLLO QUALITA'**

#### **3.13.1 Opere in conglomerato cementizio**

Campi di applicazione

Come sarà dettagliato in modo sequenziale nel P.C.Q. relativo, nella realizzazione di opere in calcestruzzo si procederà ad una serie di controlli prima del getto, durante il getto e sulle opere finite.

Documenti di riferimento

La presente specifica fa riferimento:

- alla documentazione di tipo contrattuale;
- a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.;
- alle prescrizioni di legge applicabili, anche se non esplicitamente richiamate nella presente specifica;
- alle seguenti Leggi e regolamenti:
- legge 1086 del 5/11/71.
- Norme tecniche di applicazione all'art.21 della legge 1086.
- Circolare n.8 del 10/2/1960 del Servizio Lavori delle F.S.
- D.M. 17/01/2018 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale precompresso e per le strutture metalliche"
- Legge n. 64 del 1974



- Alle norme indicate in appendice 2.

#### Controlli preliminari al getto

I controlli preliminari al getto del calcestruzzo riguarderanno:

- armature
- casseforme
- caratteristiche del CLS come di seguito specificato

#### Controlli sulle armature

Le armature debbono essere predisposte nelle casseforme, in accordo alle prescrizioni riportate al capitolo 10 della presente sezione. Il responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE, prima del getto, deve programmare e fare eseguire dalla sezione di C.Q. dell'Esecutore i controlli di conformità di seguito descritti:

- verifica dell'esistenza, dell'eshaustività e della conformità della documentazione di qualità che deve accompagnare la fornitura del ferro d'armatura, come precisato nell'apposita Specifica di C.Q.
- controllo di conformità a disegni e specifiche mediante controllo di:
- dimensioni e sagome delle sbarre,
- posizionamento e regolarità delle maglie,
- ampiezza delle sovrapposizioni,
- copriferro,
- messa a terra,
- spaziatura tra barre (interferro).
- controllo della pulizia dei ferri; questo controllo deve essere effettuato a spot su tutte le armature poste in opera. L'estensione del controllo deve essere completa su manufatti di grande estensione ed elevata importanza statica.
- controllo inserti; si dovrà verificare la loro rispondenza ai disegni di progetto ed il loro posizionamento in opera.

#### Controlli sulle casseforme

L'APPALTATORE costruirà le casseforme in modo che siano conformi rispetto a quanto specificato al relativo paragrafo della presente sezione. Il responsabile di C.Q. dell'Appaltatore farà eseguire in base al P.C.Q. relativo alle opere in oggetto: controlli di conformità di seguito descritti:

- delle caratteristiche delle casseforme
- della pulizia e del trattamento delle casseforme
- dei giunti delle casseforme, in particolare nei punti di ripresa del getto
- delle legature e dei distanziatori delle armature
- delle predisposizioni dei fori, delle tracce, delle cavità, ecc., previste nei disegni costruttivi

#### Controllo sulle caratteristiche del calcestruzzo da utilizzare

Il Responsabile dei getti in calcestruzzo dell'Esecutore dovrà, prima di procedere all'ordine del calcestruzzo alla centrale di betonaggio, verificare se lo stesso dovrà operare in condizioni di aggressività del terreno. Nel caso questa verifica dia esito positivo egli dovrà richiedere, in sostituzione di quanto previsto nel progetto, un calcestruzzo che risponda ai requisiti di resistenza previsti dalle norme (vedi allegata tabella sui tipi di conglomerato).

#### Controlli in fase di getto

I controlli in fase di getto riguarderanno sia l'esistenza delle condizioni ambientali per il getto, sia le verifiche delle modalità del getto che le condizioni di stagionatura dei getti. Non potrà essere iniziata alcuna attività senza la presenza sul luogo di lavoro dei P.C.Q. e dei relativi modelli da compilare in corso d'opera e di quelli attestanti il buon esito dei controlli preliminari.

#### Comunicazione del programma dei getti

Ogni settimana il Responsabile dei getti in calcestruzzo dell'Esecutore deve dare comunicazione scritta alla DL, mediante apposita scheda predisposta per la programmazione del lavoro, dei getti che saranno eseguiti nella settimana lavorativa successiva. Eventuali variazioni dovranno essere comunicate alla DL con almeno 24 ore di anticipo.

Nella scheda dovranno essere riportati, oltre alla data del giorno di compilazione della scheda e di quella di esecuzione del getto, i seguenti ulteriori dati:

- ubicazione dei getti con riferimento ai disegni esecutivi,
- la classe di resistenza del conglomerato cementizio in accordo alla citata tabella sui tipi di calcestruzzo da utilizzare,
- i metri cubi di calcestruzzo necessari,



- l'impianto di betonaggio di provenienza,
- il P.C.Q. relativo ai controlli preliminari con la certificazione dell'avvenuta verifica delle casseforme e delle armature come sopra specificato.

La DL a sua discrezione verificherà quanto sopra facendo eventuali commenti e richiedendo, se necessario, azioni correttive. La scheda sarà archiviata nella documentazione di cantiere nell'ordine cronologico.

#### Verifiche sul confezionamento del calcestruzzo

L'APPALTATORE eseguirà le operazioni di getto in modo che siano rispettate le disposizioni riportate nel capitolo 5:

- Additivi e disarmanti
- Lavorabilità del calcestruzzo
- Trasporto e scarico
- Esecuzione dei getti
- Maturazione
- Prescrizioni tecniche particolari (ripristini e stuccature)

Il Responsabile di C.Q. controllerà che all'atto del getto siano conformi alle specifiche:

- le condizioni climatiche;
- le operazioni di getto.

Per queste ultime si dovrà verificare:

- che le condizioni di scarico del calcestruzzo siano quelle previste dal capitolato (benne di scarico a fondo e nastri trasportatori);
- che le condizioni di omogeneità e lavorabilità dell'impasto siano quelle indicate nell'allegato 1;
- la pulizia delle superfici contro cui effettuare il getto;
- l'umidificazione delle suddette superfici, se porose;
- le modalità di caduta del calcestruzzo;
- l'altezza degli strati di posa;
- la corretta compattazione da eseguire mediante vibratori;

la presenza dei necessari accorgimenti, concordati con la DL, in caso di getto in presenza d'acqua:

- le riprese di getto
- i ripristini e le stuccature

All'atto del getto il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che:

- vengano prelevati gli opportuni provini, per il controllo delle parti d'impianto finite, in accordo a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018.
- sia compilata una scheda, da allegare al P.C.Q. dei getti, che contenga le seguenti informazioni:
  - la data del getto,
  - la rintracciabilità dei getti in riferimento ai disegni del progetto esecutivo,
  - la temperatura esterna all'atto del getto,
  - la temperatura del calcestruzzo al momento del getto,
  - le condizioni climatiche, umidità e ventilazione del giorno,
  - il metodo di maturazione prescelto fra quelli preventivamente comunicati alla DL
  - il giorno previsto per il disarmo.

Le schede saranno archiviate come documentazione di C.Q., nel dossier di qualità dell'opera.

#### Controlli nella fase di maturazione

Per le fasi di maturazione il Responsabile di C.Q. dovrà verificare quanto segue:

- che sia stata prodotta dall'APPALTATORE una specifica di stagionatura delle opere, e che sia trasmessa alla DL;
- che i metodi di stagionatura definiti nella suddetta specifica siano adeguatamente messi in opera e rispettati;
- che nelle prime 48 ore dopo il getto le superfici siano mantenute umide mediante applicazione di prodotti antievaporanti o opportuna bagnatura;
- che le opere siano adeguatamente protette contro gli urti durante tutto il periodo di maturazione.

#### Controllo delle operazioni di disarmo

Attenendosi alle “Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5/11/1971 n° 1086” e al DM del 17/01/2018, il Responsabile dei getti stabilirà la data per la rimozione delle casseforme. La DL dovrà essere informata in anticipo delle operazioni di disarmo relative ad opere importanti. Tale data è riportata nella scheda relativa al getto. La DL dovrà essere informata in anticipo delle operazioni di disarmo relative ad opere importanti. Le operazioni di disarmo dovranno essere effettuate in accordo al relativo punto del corrente capitolo.



Il Responsabile di C.Q., in fase di disarmo dovrà provvedere al controllo:

- della rimozione degli elementi metallici che dovessero sporgere dai getti;
- della presenza di irregolarità e sbavature inaccettabili;
- della superficie esterna dei getti, la quale non deve presentare difetti quali: macchie, colorazioni, nidi d'ape, ecc.

#### Controlli di conformità delle opere finite

Il controllo di accettazione dovrà avvenire secondo quanto specificato delle “Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge n. 1086 del 5/11/1971” e dal DM del 17/01/2018. Anche per le opere principali quali:

- travi ed elementi in c.a.p. in genere
- impalcati
- pile e relative fondazioni
- spalle e relative fondazioni
- opere di sostegno
- gallerie
- pali e paratie
- è richiesto il controllo di accettazione di tipo A secondo l'allegato 2 al D.M. del 17/01/2018.

Le prove qualificate dall'APPALTATORE e approvate dalla DL saranno eseguite a cura del Responsabile di C.Q. nel laboratorio di cantiere e in laboratori ufficiali secondo quanto richiesto dalle norme.

La frequenza delle prove è stabilita in base alle norme; i risultati saranno riportati in un registro di cantiere nel quale saranno annotati:

- la data e l'ora del prelievo;
- il numero identificativo dei campioni prelevati, corrispondente a quanto annotato nella scheda di getto;
- il codice di identificazione della scheda dei getti e del relativo P.C.Q.;
- il risultato delle prove come risultante dai certificati di laboratorio e il loro codice identificativo.

La DL potrà richiedere prove e prelievi integrativi, ove necessario.

### **3.13.2 Confezionamento conglomerato cementizio**

#### Campi di applicazione

La presente specifica si applica a tutti i tipi di conglomerato cementizio prodotti in impianti già qualificati dall'APPALTATORE ed approvati dalla DL e utilizzati per le opere identificate dal contratto per i lavori. Il modello da applicare per la gestione e certificazione dei controlli è il PCQ. Per il controllo ed il mantenimento dei requisiti prestazionali del cls nella fase di confezionamento saranno compilate presso la centrale di betonaggio le schede di registrazione dei dati SR-14 ed SR-15 abbinata al certificato MC-01. I modelli citati sono contenuti nel documento “Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità”.

#### Documenti di riferimento

La presente specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuali a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.; alle seguenti norme e regolamenti:

- Legge 26/05/65 n. 595
- D.M. del 14/01/66 e s.m.i.
- D.M. del 03/06/68 e s.m.i.
- D.M. del 01/04/83 e s.m.i.
- D.M. del 20/11/84 e s.m.i.
- UNI EN 12390-3:2009, 6133, 6135, 6324, 6393, UNI EN 12350-7:2009, 7087, UNI EN 934-2, 7120, 7122, 7163, 7549, 7928, 8019, UNI EN 934-2, EN 12620, UNI EN 932-1, UNI EN 933-3-8-9, UNI EN 1367-1-2, UNI EN 1744-1, UNI EN 1097-3-6, UNI EN 032-3, UNI 2332, 8991, 9156, UNI EN 206-1:2001
- CNR B.U. nn. 4, 27, 34
- UNI EN 1367-2.

#### Materiali impiegati

Per il confezionamento dei conglomerati cementizi è previsto e consentito l'utilizzo dei materiali aventi le Caratteristiche indicate nei precedenti capitoli.

#### Controlli di prequalificazione



Sia le fonti di approvvigionamento dei materiali che gli impianti di confezionamento del cls debbono essere preventivamente qualificati dall'APPALTATORE, e approvati dalla DL ove esplicitamente indicato, prima del loro utilizzo. Di seguito sono elencati i requisiti qualitativi richiesti per la loro accettabilità e le modalità di qualifica.

#### Cemento

Saranno ammessi alla fornitura tutti quei cementifici che siano in grado di garantire forniture pari, in quantitativo, alla massima richiesta della centrale di betonaggio asservita.

L'APPALTATORE dovrà trasmettere alla DL un dossier per approvazione del (dei) nominativo (i) prequalificato (i) allegando i seguenti documenti:

- una relazione riportante il tipo di cementi forniti e per ognuno di questi la capacità massima di fornitura dell'impianto in t/gg
- i certificati di prova dei cementi emessi dal fornitore, che dimostrino la conformità di questi alle specifiche indicate nel presente Capitolato.

Aggiunte (ceneri volanti e microsilice)

La qualificazione della fonte di approvvigionamento sarà fatta dall'APPALTATORE con la produzione di un dossier composto dai seguenti documenti:

- relazione tecnica riportante la tipologia e la capacità massima di fornitura dei prodotti
- un verbale di conformità dei prodotti alle caratteristiche riportate sul presente Capitolato redatto in base a prove di laboratorio; i certificati delle prove saranno allegate al verbale

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL il dossier di qualificazione.

#### Aggregati

Per la qualifica dei fornitori degli aggregati si procederà diversamente a seconda dei due seguenti casi:

a) Aggregati provenienti da cava

Nel caso di prelievo da cava, intendendo per cava una Azienda che estragga, frantumi e vagli materiali litoidi costantemente da uno stesso luogo in cui è situato l'impianto o un luogo scelto dall'APPALTATORE dal quale estrarre, frantumare, vagliare detti materiali, l'APPALTATORE dovrà:

- qualificare la cava mediante l'analisi tecnico/amministrativa della cava stessa, impiegando un modulo di qualificazione del tipo indicato nell'allegato 2
- sottoporre dei campioni di cava ad una analisi presso un laboratorio ufficiale che certificherà la conformità dei materiali alle specifiche riportate nei relativi punti
- quantificare la probabile quantità di materiale estraibile dalla cava stessa
- redigere un verbale riportante i risultati della suddetta qualificazione, gli esiti delle prove sui materiali e la capacità di fornitura della cava

Il dossier composto dalla documentazione come sopra elencato e da una chiara identificazione della cava sarà trasmesso alla DL per approvazione.

b) aggregati provenienti da scavo

L'APPALTATORE dovrà qualificare sia lo scavo che l'impianto di frantumazione e vagliatura che utilizzerà.

Per lo scavo dovrà:

- prelevare campioni dal fronte di scavo e sottoporli ad una analisi presso
- un laboratorio ufficiale limitatamente alle seguenti prove:
- contenuto di solfati e cloruri
- potenziale reattività in presenza di alcali
- perdita di massa per urto e rotolamento, secondo UNI EN 1097-2, per gli aggregati grossi
- equivalente in sabbia secondo UNI EN 933-8 E UNI EN 933-9 per la frazione fine
- determinazione dei coefficienti di forma e appiattimento secondo UNI EN 933-3.
- redigere una relazione tecnica sui mezzi e le metodologie impiegate per l'estrazione.

Per la qualificazione dell'impianto di frantumazione e vagliatura:

- effettuare l'analisi tecnico/amministrativa dell'impianto, impiegando un modulo di qualificazione del tipo indicato nell'allegato 2
- sottoporre dei campioni trattati nell'impianto ad analisi presso un laboratorio ufficiale che certificherà la conformità dei materiali alle specifiche riportate al punto precedente
- redigere un verbale riportante i risultati della suddetta qualificazione, gli esiti delle prove sui materiali e la capacità di fornitura dell'impianto

Tale documentazione costituirà il dossier di qualificazione sia dello scavo che dell'impianto di frantumazione e vagliatura connesso.



Il dossier composto dalla documentazione come sopra elencato e da una chiara identificazione sia della zona di scavo che dell'impianto sarà trasmesso alla DL per approvazione.

#### Acqua d'impasto

Se l'acqua necessaria al confezionamento dei conglomerati cementizi sarà prelevata da fonti (pozzi, sorgenti, ecc.) situate nell'area di effettuazione degli impasti, l'APPALTATORE effettuerà la qualificazione di tali fonti mediante prove di laboratorio mirate all'accertamento dei parametri caratteristici indicati al relativo paragrafo della presente Sezione, nonché alle normative di legge di cui ai DD.MM. del 3/6/68 e del 1/4/83. Si dovrà redigere un verbale contenente le indicazioni necessarie a qualificare le condizioni del prelievo.

I campioni prelevati (2 serie) sigillati e contrassegnati, saranno inviati ad un laboratorio ufficiale per le analisi (1° campione) e conservati con cura dall'APPALTATORE per eventuali riprove (2° campione). Tale documentazione costituirà il dossier di qualificazione per la fonte e l'acqua d'impasto. Il dossier sarà trasmesso alla DL insieme ad una chiara identificazione della fonte utilizzata.

#### Additivi e disarmanti

Saranno ammessi i fornitori che siano in grado di adempiere ai dettami ed alle specifiche del contratto, in accordo alle presenti prescrizioni di C.Q., e di garantire forniture congrue con le esigenze dei lavori.

L'APPALTATORE dovrà redigere un dossier di qualificazione contenente i seguenti controlli e informazioni:

- il tipo di additivi e disarmanti forniti
- la capacità massima di fornitura
- una relazione tecnica sui dosaggi e benefici conseguenti e sulle modalità di impiego
- attestato di conformità del prodotto alle norme UNI vigenti.
- risultati delle prove previste nelle precedenti specifiche tecniche

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL il dossier di qualificazione del fornitore per approvazione.

Qualificazione impianti e mezzi di confezionamento

#### Centrale di betonaggio

La qualifica della centrale di betonaggio, e la verifica della sua capacità a produrre calcestruzzi con caratteristiche in accordo a quelle indicate nel presente Capitolato, avverrà dopo la procedura di verifica della taratura dell'impianto, le cui modalità di esecuzione sono riportate in allegato 4.

L'APPALTATORE effettuerà la qualifica dell'impianto e redigerà una relazione delle verifiche tecniche effettuate che attesti l'esistenza e l'efficienza di tutti i mezzi e le apparecchiature secondo quanto indicato al relativo punto ed in particolare dei:

- Sistemi di dosaggio automatico
- Sistemi di controllo dei dosaggi e delle granulometrie
- Silos di stoccaggio del cemento sfuso ed eventuali silos per additivi
- Magazzini cemento insaccato
- Sistemi di prelievo degli inerti
- Sistemi di misura umidità di sabbie e inerti
- Sistemi di lavaggio inerti

Per il controllo del mantenimento degli standard operativi, il Responsabile di Controllo Qualità dell'APPALTATORE dovrà assicurare che le centrali/impianti di confezionamento dei conglomerati cementizi provvedano a:

- registrare, con frequenza minima giornaliera e comunque ad ogni significativo cambio di condizioni termometriche, sull'apposito modulo i valori ottenuti dai controlli manuali e dalle letture fornite automaticamente dalle sonde, relativi all'umidità di tutte le classi di aggregati presenti nelle tramogge. Sullo stesso modulo andranno registrati gli eventuali interventi attuali sugli strumenti di cui è dotata la centrale per correggere l'eventuale disuniformità di lettura.
- controllare e registrare sull'apposito modulo, con frequenza minima di due volte al giorno, il valore dello slump dei carichi di partenza dalla centrale, confezionando ogni volta almeno una coppia di cubetti per verificare la resistenza a 28 giorni. Il valore dello slump rilevato in Centrale deve essere riportato dall'operatore sulla bolla di accompagnamento.
- predisporre e tenere aggiornato il registro le Non Conformità riscontrate durante l'operatività della Centrale (carichi con dosaggi fuori limite di accettabilità, slump al di fuori del range di accettabilità relativo alla classe di consistenza, autobetoniere rifiutate dal cantiere con relative motivazioni, etc.).

Tale documentazione dovrà essere resa disponibile a cura dell'Appaltatore su richiesta della DL.





I moduli allegati in fac-simile al documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità" dovranno essere compilati a cura del responsabile di CQ dell'impianto di betonaggio.

### Betoniere

L'APPALTATORE. dovrà accertarsi preliminarmente dello stato di efficienza ed idoneità dei mezzi, in particolare del tipo di manutenzione svolta periodicamente ed accertare che tali verifiche risultano sistematicamente annotate su una apposita scheda di manutenzione del mezzo custodita sul mezzo stesso.

Prequalifica delle tipologie di conglomerato cementizio

La presente specifica si riferisce allo studio preliminare di qualificazione del MIX DESIGN del conglomerato cementizio.

La qualificazione avverrà a cura dell'APPALTATORE. e dovrà essere effettuata almeno 45 giorni prima dell'inizio dei getti.

La suddetta qualifica potrà essere effettuata presso il laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato della DL o presso il laboratorio del fornitore, se approvato ufficialmente, o presso un laboratorio ufficiale.

La procedura di qualifica è articolata in tre fasi:

- 1° fase: prove sui materiali
- 2° fase: prove di impasto
- 3° fase: prove sui conglomerati cementizi e produzione della documentazione relativa ai materiali, agli impasti e ai mezzi impiegati.

Tutte le suddette fasi saranno eseguite per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio prodotto e impiegato dall'APPALTATORE. I limiti di accettabilità di tutte le caratteristiche saranno quelli indicati dal presente Capitolato e dalla normativa vigente.

### Fase 1: prove sui materiali

Materiali costituenti la miscela d'impasto

Si dovranno elencare i materiali impiegati, indicandone provenienza, tipo e qualità. A tale elenco saranno unite le documentazioni comprovanti la conformità alle specifiche del presente Capitolato, e precisamente:

- Cemento:
  - prove previste dalla legge 595/65 e dal D.M. 09/03/88 n.126, del D.M. 13/09/93 G.U. 22/09/93;
  - analisi chimica dei contenuti di C3A e C4AF + 2C3A
- Sabbie:
  - modulo di finezza
  - contenuto passante al vaglio 0,075 mm.
  - contenuto di argilla
  - contenuto di parti leggere e vegetali
  - contenuto di solfati
  - contenuto di cloruri solubili
  - contenuti di sostanze organiche equivalente in sabbia
  - curva granulometrica
- Inerti grossi:
  - esame petrografico
  - contenuto passante al vaglio 0,075 mm.
  - contenuto di argilla
  - contenuto di parti leggere e vegetali
  - contenuto di solfati
  - contenuto di cloruri solubili
  - degradabilità ad attacchi di sostanze solfatiche
  - massa volumetrica ed assorbimento
  - resistenza a compressione semplice
  - coefficiente di forma e appiattimento
  - perdita di massa per urto e rotolamento
  - resistenza ai cicli di gelo-disgelo
  - potenziali reattività in presenza di alcali
  - curva granulometrica



- Acqua d'impasto:
  - contenuto di solfati
  - contenuto di cloruri
  - contenuto di acido solforico
  - contenuto totale dei sali minerali
  - contenuto sostanze organiche
  - contenuto sostanze solide sospese
  
- Aggiunte:
  - perdita al fuoco;
  - contenuto di solfati;
  - contenuto di cloruri;
  - contenuto di ossidi;
  - stabilità volumetrica;
  - trattenuto;
  - massa volumica;
  - attività pozzolanica;
  - superficie specifica;
  - carbone libero;
  - umidità;
  - P H.
  
- Additivi:
  - effetto fluidificante a riduzione d'acqua;
  - mantenimento della lavorabilità;
  - effetto ritardante o accelerante;
  - aria inglobata;

Indice di efficienza DOT per gli antievaporanti.

#### Conglomerato cementizio fresco

Dopo aver prodotto i campioni di prova del conglomerato su di essi si effettueranno le seguenti prove e si produrranno i certificati relativi:

- determinazione abbassamento al cono
- determinazione acqua essudata
- dosaggio cemento e rapporto acqua/cemento
- contenuto totale di cloruri
- massa volumica
- omogeneità (vedi allegato 1.A)

#### Conglomerato cementizio indurito

Si effettueranno le seguenti prove e si produrranno i certificati relativi:

- determinazione resistenza caratteristica a compressione (eseguite secondo quanto prescritto dall'UNI EN 12390-3:2009)
- massa volumica
- ed ove richiesto:
- resistenza agli attacchi chimici
- resistenza al gelo

Le prove indicate andranno a costituire una “Relazione” di prequalifica della miscela che verrà inviata per informazione alla DL, prima della effettuazione delle prove di qualifica dei Mix all'impianto e che sarà vincolante per la qualifica.

#### Fase 1: Prequalifica del Cls (Studio del Mix Design)

Le prove di qualifica devono essere precedute e supportate da uno studio (Mix Design) per consentire all'Appaltatore la scelta dei materiali da impiegare, la scelta della composizione della miscela, (curva granulometrica, tipo e dosaggio dei



materiali, rapporto A/C, slump, additivi, ed eventuali aggiunte). Il Mix Design dovrà essere progettato da un laboratorio preventivamente qualificato dal Appaltatore ed approvato dalla DL.

Per lo studio del Mix Design l'Appaltatore utilizzerà componenti preventivamente qualificati, e, ove previsto, approvati dalla DL. L'Appaltatore, definite le caratteristiche del Mix Design, effettuerà n° 8 prove di impasto in betoniera, di cui:

- quattro con il dosaggio ed il rapporto a/c previsti dal progetto del Mix;
- due con lo stesso dosaggio ma con un rapporto a/c maggiore di circa 2 centesimi;
- due con lo stesso dosaggio ma con un rapporto a/c minore di circa 2 centesimi.

Per ogni impasto verranno confezionati n. 14 cubetti, per le prove di rottura a compressione a 1, 3, 7, 14, 28, 60 e 90 giorni, su due cubetti a ciascuna scadenza, presso un laboratorio qualificato.

La prova a 3 giorni potrà essere costituita con quella a 48 ore, a giudizio del progettista del Mix.

Con i risultati ottenuti fino alle prove a 28 giorni, andranno costruite le curve di andamento delle resistenze nel tempo e di variazione della resistenza in funzione del rapporto a/c e/o dello slump.

#### Fase 2: Qualifica del Cls

Le prove di qualifica del Cls andranno eseguite in impianti già qualificati o che abbiano almeno superato positivamente tutte le procedure di taratura delle bilance, dei dosatori, delle sonde e di controllo del software di gestione.

Le miscele qualificate in un impianto di betonaggio s'intenderanno qualificate e quindi convenzionabili anche in altri impianti, purchè qualificati.

All'impianto di betonaggio tutte le prove e i prelievi verranno effettuati da un laboratorio ufficiale/autorizzato.

Questi, prima dell'inizio delle prove, effettuerà un doppio campionamento di tutti gli aggregati, cemento, additivi ed acqua, dalle tramogge, silos e cisterne.

Un campione dei vari componenti verrà utilizzato dal laboratorio ufficiale/autorizzato per effettuare le prove sui materiali, previste dal Capitolato, l'altro opportunamente sigillato, verrà conservato dall'appaltatore e comunque tenuto a disposizione della DL per un periodo massimo di 90 giorni.

Sempre prima dell'inizio delle prove si eseguirà la determinazione dell'umidità delle varie classi di aggregato grosso per essiccazione.

Per le sabbie, l'umidità delle varie classi di aggregato grosso per essiccazione; l'umidità determinata per essiccazione, verrà comparata con quella data dalle sonde posizionate nell'impianto, onde verificate la loro taratura.

Verificata la corrispondenza della composizione della miscela inserita nei software di gestione, registrata la temperatura dell'acqua di impasto e dell'aria, si procederà ad effettuare un carico di almeno 4 mc di cls.

Dopo aver accertato dal documento di carico, che l'impasto è avvenuto nel rispetto della tolleranza dei singoli componenti e trascorso il tempo minimo necessario per garantire l'omogeneità dell'impasto ( $t' = n \text{ mc} + 2'$ ), si procederà ad effettuare le prove sul cls fresco, sempre ad opera del laboratorio ufficiale/autorizzato nel seguente modo:

- ad 1/5 di scarico della betoniera:
  - slump;
  - massa volumica;
  - aria inglobata;
  - acqua essudata;
  - temperatura del cls;
  - trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm;
  - prelievo di 8 cubetti;
  - controllo della composizione del cls fresco UNI 6393 (limitatamente al contenuto d'acqua)
- ai 4/5 di scarico della betoniera:
  - slump;
  - trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm (per prova di omogeneità rispetto al valore del primo quinto);
  - prelievo di 8 cubetti;

La prova a compressione verrà eseguita dal laboratorio ufficiale/autorizzato a ciascuna delle seguenti scadenze: 1,3,7,14,28,60, 90 giorni di maturazione su due cubetti, ad eccezione di quella a 28 gg. che sarà eseguita su quattro cubetti.

La qualifica si intenderà positivamente superata allorquando:

il valore  $R_m$  della resistenza a compressione a 28, sarà:

- per cls  $20 \text{ MPa} \leq R_{ck} \leq 25 \text{ MPa}$   $R_m \geq R_{ck} + 25\%$
- per cls  $30 \text{ MPa} \leq R_{ck} \leq 35 \text{ MPa}$   $R_m \geq R_{ck} + 20\%$
- per cls  $R_{ck} \geq 40 \text{ MPa}$   $R_m \geq R_{ck} + 15\%$



- con il valore minimo di ogni singolo provino  $R1 \geq Rck + 3,5 \text{ MPa}$ .

Il valore dello slump sia conforme alla classe di consistenza dichiarata, inoltre a scopo conoscitivo, si potranno eseguire anche prove del mantenimento della lavorabilità eseguendo lo slump a 60' - 90'.

i valori dello slump ad 1/5 e 4/5, eseguito dopo 30', non differiscano tra di loro più di 3cm;

l'aria inglobata, per calcestruzzi aerati, sia conforme ai valori prescritti nella tabella al relativo paragrafo e, per il cls standard  $\leq$  al 3,0% come da norma;

il valore dell'acqua essudata, secondo UNI 7122/2008, non superi il valore dello 0,1% dell'acqua totale dell'impianto; nella prova di omogeneità, la differenza in percentuale in peso del materiale trattenuto non vari più del 10% sui due campioni;

il dosaggio dell'acqua ottenuto con l'effettuazione della prova UNI 6393/72 non si scosti più del 5% rispetto ai valori indicati nella stampa di carico;

il valore della massa volumica dia  $\pm 3\%$  rispetto quella del mix di prequalifica.

Al termine dell'attività di qualifica relativa a ciascuna miscela di cls, a fronte dei certificati del Laboratorio Ufficiale, verrà compilato un “Dossier di qualifica”, che verrà inviato alla DL per approvazione.

### Fase 3: documentazione

Si dovrà produrre una relazione di qualificazione per ogni tipo e classe di conglomerato, alla quale, in base anche alle prove di cui alle fase 1 e 2, si dovranno allegare i seguenti documenti:

- elenco dei materiali impiegati, indicante provenienza, tipo e qualità dei medesimi.
- Certificati di conformità dei materiali costituenti la miscela d'impasto.
- Certificato della massa volumica reale s.s.a., massa volumica reale ed apparente ed assorbimento, per ogni classe di inerti, secondo UNI EN 13055-1:2003
- Studio granulometrico
- Tipo e dosaggio del cemento.
- Rapporto acqua/cemento.
- Tipo e dosaggio degli eventuali additivi.
- Proporzionamento analitico della miscela e resa volumetrica.
- Valore della consistenza misurata al Cono di Abrams.
- Risultati delle prove preliminari di resistenza a compressione e curve di resistenza nel tempo.
- Curve di resistenza in funzione dei valori di slump e del rapporto a/c.
- Preparazione di provini per la determinazione delle caratteristiche di durabilità del conglomerato cementizio
- Caratteristiche dell'impianto di confezionamento
- Sistemi di trasporto, di getto e di maturazione.
- Approvazione della DL

Le documentazioni di cui sopra verranno trasmesse alla DL.

Questa, dopo l'esame dei documenti e dopo l'esecuzione degli impasti di prova, approverà, se le riterrà idonee, l'impiego delle miscele oggetto di qualifica, con l'emissione, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio, di un apposito documento di approvazione

L'approvazione da parte della DL non solleva, in base alle norme vigenti, in alcun modo l'APPALTATORE dalle sue responsabilità.

Copia del documento di approvazione farà parte del dossier di qualifica di ogni singolo getto

Controlli in corso d'opera

Il Responsabile di CQ dell'APPALTATORE dovrà predisporre una pianificazione dei controlli periodici previsti per il cls nelle specifiche seguenti relativamente ai materiali componenti, al confezionamento, agli impianti e mezzi d'opera. Tale documento dovrà riportare oltre i dati identificativi del Fornitore/fornitura oggetto della verifica, il tipo di controllo e frequenza, il calendario delle ispezioni, la indicazione della struttura responsabile del controllo (Laboratorio, Ufficio Approvvigionamenti, Controllo Qualità, etc.), la tipologia della certificazione da acquisire. Il piano dei controlli in corso d'opera dovrà essere finalizzato al monitoraggio e mantenimento degli standards iniziali di qualifica e dovrà essere inviato per informazione alla DIREZIONE LAVORI a cura del Responsabile di CQ dell'Appaltatore. Tale documento sarà aggiornato con cadenza periodica in funzione degli esiti delle verifiche effettuate e delle tempistiche di attuazione delle eventuali azioni correttive richieste. Il calendario delle verifiche dovrà comunque essere modulato per garantire l'attuazione dei controlli in base alla frequenza minima indicata in specifica.

### Cemento



Ogni lotto di cemento, che dovrà provenire da cementificio qualificato, sarà accettato dietro presentazione di certificato del fornitore riportante la composizione del prodotto.

Si dovranno effettuare, per ogni 1000 t (500 tl impiegato in galleria) di cemento proveniente da un singolo fornitore, le verifiche seguenti:

Caratteristiche generali, secondo L.595/65, D.M. 09/03/88 n° 126, D.M. 13/09/93 G.U. 22/09/93.

Analisi chimica del contenuto di C3A.

Analisi chimica del contenuto di C4Af + 2C3A.

Le prove avverranno presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato da DL o presso un laboratorio ufficiale. In corso d'opera l'Appaltatore dovrà effettuare le verifiche anche con prelievi da eseguirsi in contraddittorio con il Fornitore, da autocisterne piombate all'arrivo presso l'impianto di betonaggio.

La copia dei certificati di ogni singola prova, riportanti l'identificazione del lotto controllato e del fornitore, il laboratorio certificante e la data di prova, faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate ogni qual volta la DL lo richieda in base a particolari motivazioni tecniche. In aggiunta a quanto sopra indicato per ogni 10.000 ton di ciascun tipo di cemento utilizzato dovrà essere acquisito nel dossier di qualificazione una attestazione del Cementificio che dichiara il valore medio e l'intervallo di variabilità di ciascun requisito previsto dalla norma UNI EN 197/1 relativi alle prove del mese precedente.

#### Ceneri volanti e microsilica

Dovranno essere eseguite delle prove fisiche, chimiche e granulometriche dei prodotti, al fine di verificare le caratteristiche richieste di cui al relativo punto

Le verifiche saranno effettuate con la frequenza di prova indicata sulle tabelle riportate ai punti sopra citati e con ceneri volanti (o microsilica) provenienti da una stessa sede o lotto di fornitura. L'esito di ogni prova dovrà essere riportata su certificato, indicando inoltre l'identificazione del Lotto, il laboratorio e la data della prova. Le prove avverranno presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato da DL. Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate ogni qual volta la DL lo richieda in base a motivate esigenze tecniche. La copia dei certificati faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

#### Aggregati

Sarà controllata la conformità degli inerti alle caratteristiche indicate al relativo punto (secondo Norma UNI 8520/2005 parte 2a).

Le verifiche avverranno almeno in ragione 1 volta per ogni cambio di cava e/o scavo e di impianto di frantumazione e vagliatura.

Tali verifiche dovranno comunque essere effettuate per ciascuna fornitura equivalente a 20.000 m<sup>3</sup> di calcestruzzo confezionato ed ogni qual volta, in base a motivate esigenze tecniche, la DL lo richieda o quando vengano riscontrati difetti o non conformità alle specifiche del conglomerato cementizio o quando le caratteristiche del materiale appaiono difformi dai quelli già testate e qualificate. Nel caso di approvvigionamento da scavo in galleria si controlleranno i materiali, con prelievo dal fronte di scavo; tali prove saranno limitate al:

- contenuto di solfati e cloruri con frequenza giornaliera;
- alla potenziale reattività in presenza di alcali con frequenza settimanale;
- alla perdita di massa per urto e rotolamento, secondo UNI EN 1097-2.
- all'inizio ed a ogni successiva variazione litologica.

Tutte le prove saranno effettuate presso laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL o presso laboratorio ufficiale.

La copia dei certificati di ogni singola prova, riportanti l'identificazione del lotto controllato e della fonte di fornitura, il laboratorio certificante e la data di prova, costituiranno il dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto. Nel caso di cambio della fonte di approvvigionamento, copia dei certificati sarà inoltre trasmessa alla DL con le medesime modalità di cui sopra.

Nel caso di riscontrata reattività agli alcali si comunicherà alla DL le misure adottate per escludere il fenomeno.

#### Acqua d'impasto

Le prove di analisi dovranno determinare le caratteristiche di cui al relativo punto. Tali prove avverranno con una frequenza di una prova ogni 90 giorni, o con frequenza maggiore se indicato dalla DL; le prove saranno comunque effettuate ad ogni cambio di fonte di approvvigionamento idrico. Nel caso di approvvigionamento da pozzi le analisi dovranno essere ripetute ogni 14 giorni.

La copia dei certificati di prova, riportanti l'identificazione del laboratorio certificante e la data di prelievo, faranno parte del dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.



L'impiego degli additivi dovrà essere preventivamente sperimentato, dichiarato nel mix design della miscela e quindi approvato dalla DL.

Nel caso di cambio, della fonte di approvvigionamento, copia dei certificati sarà inoltre trasmessa alla DL con le medesime modalità di cui sopra.

#### Additivi

Gli additivi da impiegare dovranno essere muniti di certificato del fornitore di conformità alle norme.

Copia di tale certificazione, unitariamente ad una scheda tecnica riportante tipo, dosaggi ed effetti dell'additivo, sarà inviata alla DL e sarà allegata al dossier di qualificazione del conglomerato cementizio in sede di getto.

#### Controlli sul confezionamento

I documenti di certificazione seguenti, saranno allegati al dossier di qualità del conglomerato cementizio in sede di getto. Tutte le prove saranno effettuate presso il laboratorio di cantiere qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL o presso un laboratorio ufficiale. I certificati di ogni singola prova, riporteranno i dati identificativi del lotto, data di prelievo e laboratorio di prova.

#### Granulometria

Sarà controllata la granulometria degli inerti secondo le modalità UNI EN 1097-2 e UNI EN 933-1. nonché della UNI 7163/79 Appendice B - e in accordo alle caratteristiche del presente Capitolato

Le prove avranno una frequenza di 1 a settimana e comunque di almeno 1 ogni 5.000 mc di inerte impiegato nel confezionamento del lotto.

#### Dosaggio di acqua e cemento

Si effettuerà la prova in riferimento alla UNI EN 1097-6:2008, per la condizione “satura a superficie asciutta”.

La prova sarà effettuata secondo la norma UNI 6393/72 con una frequenza pari a 2.000 mc di conglomerato cementizio.

Prove aggiuntive potranno essere richieste dalla DL in base a motivate esigenze tecniche.

#### Temperature operative

Si dovrà verificare almeno 2 volte al giorno le temperature atmosferiche e le temperature di miscelazione degli impasti.

Tali temperature dovranno rientrare nei limiti di cui al relativo punto. La temperatura di miscelazione sarà riportata sul dossier di qualificazione di ogni impasto.

#### Conglomerati cementizi resistenti al gelo

Si verificherà, presso un laboratorio di cantiere approvato o presso laboratorio Ufficiale il coefficiente di permeabilità secondo prova riportata in Allegato 1 punto b, con limite di accettabilità inferiore a  $10E-11$  cm/s.

Se prescritto o richiesto dalla DL si dovrà inoltre determinare la resistenza ai cicli di gelo-disgelo, secondo UNI 7087/2002.

Il certificato della prova sarà riportata sul dossier di qualificazione di ogni miscela.

Nel caso vengono adoperati additivi aeranti, per ogni lotto dovrà essere controllato il contenuto di aria occlusa mediante prova eseguita secondo UNI EN 12350-7:2009

I limiti di accettabilità saranno quelli indicati al relativo paragrafo. La prova sarà effettuata presso un laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DL.

Conglomerati cementizi esposti ad attacchi chimici

Si dovranno verificare le risposdenze del conglomerato cementizio al progetto e comunque alle prescrizioni indicate al relativo punto.

La classe di resistenza e il tipo di cemento impiegato saranno comunicate alla DL.

I risultati delle verifiche saranno riportate sull'apposito certificato da conservare nel dossier qualificazione del conglomerato cementizio.

#### Impianti e mezzi

Centrale di betonaggio

L'impianto approvato dovrà essere di tipo automatizzato e dovrà essere verificato, in particolare per quanto concerne le bilance, almeno ogni 2 mesi.

Si redigerà allo scopo una relazione tecnica che attesti l'esistenza e l'efficienza di tutti i requisiti richiesti dal Capitolato di Costruzione.

Le tarature periodiche delle bilance saranno invece effettuate almeno una volta l'anno, salvo indicazioni diverse da parte della DL, con le stesse modalità riportate nella procedura allegata (all. 4).

Tutte le bilance tarate dovranno avere applicato un cartellino riportante la data di taratura e la scadenza.



L'APPALTATORE trasmetterà tale documentazione alla DL.

Nel corso della fornitura il CQ dell'APPALTATORE dovrà effettuare delle ispezioni presso gli impianti al fine di accettare che il tenore di umidità di tutti gli aggregati sia rilevato con la frequenza indicata al relativo punto e conseguentemente sia corretta automaticamente (o manualmente in assenza di sonde di rilevamento) la quantità dell'acqua di impasto. Le ispezioni dovranno evidenziare tramite la compilazione di apposito verbale che il sistema di gestione e controllo dell'impianto sia conforme a quanto indicato dalle specifiche.

Betoniere

L'APPALTATORE dovrà accertarsi periodicamente dello stato di efficienza dei mezzi, in particolare dello stato di usura delle lame e dell'accumulo di conglomerato indurito o legante.

Tale verifica avverrà ogni 4000 mc e almeno ogni mese e sarà annotata su una apposita scheda di manutenzione del mezzo, custodita sul mezzo stesso.

Prove e controlli in corso d'opera sul Cls

In corso d'opera il cls ed i suoi componenti verranno sottoposti a controlli e prove, la cui frequenza e i cui limiti di accettabilità sono quelli previsti dal Capitolato. Qualora l'impasto venisse eseguito con premiscelatore, il prelievo per le prove previste ad esclusione della consistenza, può essere effettuato presso il laboratorio dell'impianto.

Se al controllo della lavorabilità (misura dello slump) nel luogo di getto, risultasse detto valore inferiore fino a 3 cm rispetto al limite minimo della classe di consistenza, è ammessa l'aggiunta di superfluidificante dello stesso tipo utilizzato per il confezionamento del cls in questione, in quantità predeterminata, sulla base di prove specifiche preventivamente effettuate per ogni mix.

L'aggiunta dovrà essere registrata sulla bolla di consegna a cura del laboratorio e del Responsabile del getto e comunque dovrà essere effettuata entro 90 minuti dal momento del confezionamento all'impianto, così come risulterà dalla bolla di trasporto.

I risultati delle prove previste, ordinati cronologicamente e per zone di getto, verranno esaminati dal Controllo Qualità dell'APPALTATORE . per verificarne la conformità alle prescrizioni tecniche applicabili.

La conformità/accettazione del calcestruzzo indurito, sarà valutata secondo i criteri della Legge 1086 del 5 novembre 1971, e del D.M. 14 febbraio 1992 - Allegato 2 punto 5.1 “Controllo di accettazione tipo A”.

Per raggiungere l'obiettivo di mantenere le caratteristiche prestazionali di ciascuna miscela (magroni esclusi) costanti nel tempo, il Controllo Qualità del GC, in una prima fase lavorativa, relativamente a ciascuna miscela usata, dovrà registrare ed elaborare i risultati delle prove eseguite su ciclo di produzione di n° 75 prelievi e riportarli in un diagramma sul quale è individuata una banda predeterminata di oscillazione, che avrà come limite inferiore il valore  $R_{ck} + 3,5$  Mpa, e come limite superiore il valore della resistenza massima ottenuta in qualifica sui quattro provini rotti a 28 gg.

Dopo l'esito delle prove, verrà definita, in funzione degli intervalli di variazione ottenuti, una carta di controllo che indichi una fascia di oscillazione delle resistenze entro la quale la produzione possa essere considerata “controllata”. Verranno inoltre definiti, qualora nel corso della produzione/fornitura alcuni risultati uscissero dalla fascia, i criteri di valutazione e di controllo e gli interventi correttivi da attivare, per ripristinare la costanza “di qualità” della produzione nel tempo.

In particolare, in funzione del numero di risultati che escono dalla fascia, verranno attivati accertamenti e/o controlli integrativi, quali ad esempio:

- verifica delle modalità di miscelazione;
- verifica delle modalità di confezionamento dei prelievi;
- verifica della modalità di stagionatura durante le prime 24 h;
- verifica della taratura degli impianti;
- verifica delle sonde per la determinazione dell'umidità degli inerti;
- verifica della curva granulometrica degli inerti;
- verifica del cemento utilizzato mediante prove su malta plastica;

al fine di individuare le cause dell'abbassamento dello standard qualitativo, e porvi tempestivamente rimedio.

L'APPALTATORE dovrà dare evidenza oggettiva (es: emissione di verbali) delle anomalie riscontrate e degli interventi correttivi adottati. La relativa documentazione prodotta verrà gestita come “Documentazione di registrazione della qualità” e tenuta a disposizione della DL. Nel corso della produzione/fornitura i limiti delle fasce potranno essere riesaminati ed aggiornati. Una miscela di calcestruzzo che è stata qualificata con miscelazione in autobetoniera può, in corso d'opera, essere confezionata anche con miscelazione all'impianto (premiscelatore).

### **3.13.3 Prequalifica dei ferri d'armatura per calcestruzzo armato**

#### Campi di applicazione

La presente Specifica si applica a tutti i tipi di forniture di acciai per ferri d'armatura di opere in conglomerato cementizio armato.



I controlli saranno registrati nei Certificati compresi nei P.C.Q. dei manufatti in calcestruzzo nelle posizioni relative a:

- verbale accettazione acciai d'armatura
- certificati prove su acciai in cantiere.
- Documenti di riferimento

La presente Specifica fa riferimento alla documentazione di tipo contrattuale; a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.; alle norme e prescrizioni di legge applicabili, anche se non espressamente richiamate.

#### Qualificazione dei fornitori

Saranno ammessi alla fornitura di acciai per costruzioni civili soltanto fornitori prequalificati dall'APPALTATORE. L'APPALTATORE, prima dell'approvvigionamento dei materiali dovrà trasmettere una lettera di notifica alla DL con il nominativo del fornitore da cui intende approvvigionarsi, i tipi di acciai e le caratteristiche della gamma delle barre richieste e i verbali di qualifica del fornitore.

#### Controlli sui materiali

Ogni lotto di barre di acciaio controllate in stabilimento dovrà essere munito di documentazione del fornitore, secondo la Normativa vigente, che certifichi gli avvenuti controlli.

Tale certificazione dovrà essere allegata al dossier di qualificazione dell'opera in calcestruzzo armato per la quale il lotto è stato impiegato.

L'acciaio ponente ogni otto dovrà recare in modo visibile i contrassegni di riconoscimento.

In cantiere o in stabilimento di prefabbricazione dovranno essere effettuate le prove previste dalla normativa vigente.

La DL potrà comunque disporre l'effettuazione di controlli ulteriori con le modalità da essa stessa indicate, in base a motivate esigenze tecniche.

#### Controlli in accettazione

All'arrivo del materiale in cantiere e/o in stabilimento di prefabbricazione saranno effettuati dei controlli di accettazione. Questi saranno documentati tramite la compilazione di un apposito verbale.

I controlli riguarderanno l'accertamento della provenienza del materiale da fornitore qualificato, l'esistenza dei certificati di origine e dei contrassegni sulle barre d'acciaio, la corrispondenza della fornitura di documenti d'ordine, l'assenza di ruggine, grasso ed altri elementi pregiudizievoli per l'impiego in opera della fornitura. Da ogni partita saranno prelevate delle barre campione con le modalità indicate al relativo punto, per il controllo del peso effettivo delle barre.

Il materiale rifiutato dovrà essere immediatamente stoccato in apposita area di segregazione.

Controlli in corso d'opera

Le gabbie di armatura dovranno essere assemblate mediante legatura doppia incrociata con filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0.6 mm.

Nel caso di gabbie assemblate con parziale saldatura l'acciaio dovrà essere del tipo saldabile e rispondente ai requisiti del punto 2.2.6 del D.M. 17/01/2018. La saldatura dovrà essere autorizzata dalla DL dietro preventiva presentazione di una idonea procedura di lavoro che espliciti le modalità di esecuzione, materiali ed attrezzature, nonché la qualifica dei saldatori. Nel caso di impiego di manicotti l'APPALTATORE dovrà consegnare preventivamente alla DL le schede tecniche dei prodotti da utilizzare.

### **3.13.4 Manufatti prefabbricati in conglomerato cementizio**

#### Campi di applicazione

La presente procedura si applica a tutti i tipi di manufatti prefabbricati. In particolare la presente procedura risponde alle prescrizioni del relativo punto di questa stessa sezione di capitolato.

I modelli di PCQ da applicare saranno di due tipi.

La struttura di CQ del Prefabbricatore dovrà predisporre un modello di PCQ, in ottemperanza alle prescrizioni della presente specifica, con il quale gestirà le fasi di controllo della produzione, movimentazione e stoccaggio dei manufatti presso l'impianto di produzione. Tale modello sarà contenuto nel Piano di Qualità di produzione che dovrà essere redatto per ciascun impianto di prefabbricazione e presentato per l'approvazione della DL almeno 60 gg. prima dell'utilizzo delle relative lavorazioni.

Le fasi di controllo delle operazioni di stoccaggio, movimentazione e posa in opera presso i cantieri di costruzione saranno gestite mediante il modello PCQ QMP ed il relativo certificato MP01 contenuto nel documento "Prescrizioni per l'esecuzione di forniture e lavori in assicurazione qualità".

#### Documenti di riferimento

La presente procedura fa riferimento:

- alla documentazione di tipo contrattuale;
- a tutta la documentazione di progetto quale disegni, specifiche tecniche ecc.;





- alle seguenti norme e regolamenti:
- legge 1086 del 5/11/1971
- DM 17/01/2018 (Norme tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della suddetta legge)
- Norme per il calcolo e la costruzione di strutture a grandi pannelli, di cui alla circolare del Ministero Lavori Pubblici n. 6090 dell'11/8/1969 e successivi aggiornamenti
- D.M. del 03/12/1987, n. 39 - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate
- Circolare Min. LL.PP. 16/03/1989 n. 31104 - Istruzioni in merito alle Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.
- La prequalificazione degli impianti di produzione

Le attività di prefabbricazione debbono essere preventivamente approvate dalla DL a cui l'APPALTATORE deve sottoporre un dossier contenente:

- elenco delle parti d'impianto da sottoporre a prefabbricazione e produzione periodica o totale che si intende realizzare in ogni impianto di prefabbricazione;
- nominativo o descrizione dell'impianto di prefabbricazione;
- documentazione di qualifica del suddetto impianto;
- prove sperimentali a cui è stato assoggettato l'eventuale prototipo;
- metodologie di costruzione;
- Piano di Qualità per la costruzione dei componenti da prefabbricare;
- qualifica del laboratorio interno per le prove sui materiali.

L'APPALTATORE trasmetterà alla DL una lettera di notifica con allegata la documentazione di qualifica suddetta.

La DL ricevuto il relativo dossier, dopo l'esame dei documenti e dopo aver proceduto alle ulteriori indagini che ritenesse necessarie, approverà l'impianto di prefabbricazione.

Per quanto riguarda le attività di controllo e qualifica per la preparazione del dossier l'APPALTATORE dovrà seguire le prescrizioni di seguito elencate.

#### Qualificazione dell'impianto

La procedura di qualificazione consisterà nell'esame delle attrezzature e delle modalità di esecuzione degli elementi di fabbrica.

Si dovranno controllare tutte le attrezzature da usare nella prefabbricazione, quali impianti di betonaggio, piani vibranti, spazi di produzione opportunamente coperti e di stoccaggio, ecc. anche in conformità a quanto indicato nel relativo punto.

Per le centrali di betonaggio ci si atterrà a quanto indicato a riguardo nella “Specificazione di C.Q. per il confezionamento del conglomerato cementizio”.

Le altre attrezzature dovranno altresì presentarsi in stato di piena efficienza e funzionalità, nonché di dimensioni adeguate a soddisfarle le esigenze della produzione che si intende assegnare all'impianto.

Si dovranno descrivere e valutare le modalità di esecuzione delle lavorazioni, in particolare:

- tempi e modi di produzione;
- metodi di vibrazione;
- metodi di stagionatura;
- metodi di stoccaggio e trasporto.

Le verifiche di qualificazione saranno riportate in una apposita relazione redatta dal Responsabile di C.Q. dell'APPALTATORE, in funzione della tipologia dell'impianto da qualificare.

#### Qualificazione dei materiali

Per la qualifica dei materiali varrà quanto indicato nella presente sezione relativa agli acciai di armatura ed ai calcestruzzi. Pertanto restano a carico dell'APPALTATORE tutti gli obblighi relativi alle modalità di qualifica delle cave di fornitura degli inerti, alla prequalifica degli impianti di produzione, alla qualifica del laboratorio interno dello stabilimento, allo studio e all'approvazione dei mix design da parte della DL.

#### Controlli in corso di prefabbricazione

L'APPALTATORE dovrà garantirsi che il sistema di C.Q. dell'impianto di prefabbricazione predisponga, per ogni tipologia di manufatto prefabbricato, un P.C.Q. ed un piano di stagionatura. Tali documenti saranno contenuti nel Piano di Qualità di produzione che dovrà essere presentato alla approvazione della DL per ogni impianto di prefabbricazione.



Il P.C.Q. dovrà riportare le verifiche richieste dalla legge, ed in particolare quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018 e dalle “Norme per il calcolo e costruzione di strutture a grandi pannelli” della circolare del Ministero dei LL.PP. n° 6090 dell’11/08/69.

Esso dovrà anche tener conto dei controlli elencati nelle due Specifiche di C.Q. relative agli acciai, al di confezionamento e posa in opera delle opere in calcestruzzo, ed essere in accordo a quanto indicato nella presente sezione. In particolare per i prefabbricati in cemento armato precompresso si dovranno seguire anche le prescrizioni elencate nell’allegato n. 1. Il PdQ preparato dalla struttura di CQ del Prefabbricatore farà parte del Dossier di Qualifica dell’impianto di prefabbricazione da presentare per l’approvazione della DL.

#### Verifiche in corso di costruzione

Il sistema di C.Q. dell’impianto di prefabbricazione dovrà effettuare tutti i controlli richiesti nel P.C.Q. in applicazione di quanto previsto al relativo punto e preparare, per ogni elemento o lotto prefabbricato, il relativo dossier di C.Q. che dovrà accompagnare le opere in oggetto all’atto della consegna in cantiere. Il responsabile di C.Q. dell’APPALTATORE dovrà definire preventivamente ed inserire nel P.C.Q. le fasi vincolanti alle quali lui, o suoi superiori, intendono presenziare.

In fase di approvazione del PdQ la DL indicherà nel P.C.Q. di produzione le fasi vincolanti alle quali intende presenziare.

Controlli in corso di messa in opera

Anche per le operazioni di messa in opera dei manufatti il Responsabile di C.Q. dovrà compilare il P.C.Q. di queste attività con i controlli di seguito specificati.

Verifica dell’identificazione del manufatto

Si dovrà verificare che ogni elemento prefabbricato sia marcato, in modo inalterabile, in conformità ai disegni o al catalogo di produzione per permetterne in qualsiasi momento la sicura identificazione e la data di produzione.

Se il pezzo risulta di peso superiore alle 20 tonnellate si controllerà che sia riportato anche il peso.

La conformità della marcatura alle specifiche sarà annotato sul P.C.Q..

#### Controllo sull’idoneità e sulle protezioni degli elementi

All’arrivo in cantiere dei manufatti prefabbricati il Responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che essi siano accompagnati dai dossier di C.Q. sopra descritti.

Si dovrà controllare che, in tutte le fasi di lavorazione e trasporto, siano stati adottati gli adeguati provvedimenti di protezione ed effettuare le verifiche di cui al relativo punto

Prima della messa in opera si procederà su ogni singolo elemento ad un esame visivo, in accordo al P.C.Q., del pezzo al fine di accertarsi che non presenti alcun difetto, nonché alla verifica dimensionale, nel rispetto delle tolleranze ammesse, mediante misurazioni.

L’esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.

Gli elementi non idonei saranno scartati e stoccati in un’area apposita di segregazione.

#### Controlli durante la posa in opera

Prima dell’esecuzione di qualsiasi montaggio di manufatti prefabbricati, dovrà essere notificato alla DL un apposito piano di monitoraggio e/o varo. Il Piano dovrà definire per ciascuna tipologia di manufatto il lotto minimo di monitoraggio (elemento, campata, parte d’opera etc.) per il quale sarà emesso un singolo certificato di C.Q. (Modello MP01) La data di messa in opera del prefabbricato dovrà essere notificata alla DL.

Dopo la posa in opera di ogni elemento si verificherà il corretto posizionamento (vedi mantenimento in posizione dello stesso in modo che risulti stabile e resistente sia a tutte le azioni esterne che al peso proprio).

Tali verifiche saranno annotate sul P.C.Q.

### **3.13.5 Prefabbricati in cemento armato precompresso**

#### Controlli sulle casseforme

Si dovranno effettuare i controlli di conformità alle specifiche di progetto e con le tolleranze indicate al relativo punto. I controlli effettuati saranno riportati sul P.C.Q.

#### Controlli sulle armature

##### Posizionamento

Si dovranno effettuare i seguenti controlli di conformità alle specifiche di progetto:

- Controllo sul tipo, sul tracciato e sulla sezione di ogni singolo cavo
- Controllo sui dispositivi speciali, come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.



- Controllo della predisposizione e del posizionamento di tubi di sfiato per le guaine come prescritto
- Controllo del posizionamento delle armature in genere con le tolleranze indicate al relativo punto.

Cavi d'armatura e dispositivi speciali dovranno essere forniti di documentazione riportante:

- identificazione del lotto e provenienza
- idoneità del materiale
- certificazioni allegate delle caratteristiche dei materiali

I controlli effettuati saranno riportati sul P.C.Q.

#### *Messa in tensione*

La messa in tensione delle armature dovrà avvenire per mezzo di apparecchiature già qualificate.

L'APPALTATORE, prima delle operazioni di messa in tensione, dovrà eseguire il progetto dettagliato delle modalità di applicazione della precompressione ed inviarlo, per informazione, alla DL. Durante le operazioni di tesatura e delle eventuali ritarature delle tensioni, si dovranno registrare su un apposito modello:

- i tassi di precompressione
- gli allungamenti totali o parziali di ogni cavo
- Il modello compilato sarà trasmesso in copia alla DL e costituirà il dossier di qualificazione del manufatto precompresso, insieme alla documentazione di cui sopra.
- Iniezione delle guaine
- Prove di qualificazione della pasta cementizia

Con riferimento al relativo punto, le prove di qualificazione della pasta cementizia saranno le seguenti:

- certificazione di qualificazione delle materie costituenti la miscela, secondo le prescrizioni e modalità indicate nella procedura di C.Q. relativa alla qualificazione del calcestruzzo. Si dovrà inoltre verificare l'assenza di cloruri, polvere di alluminio, coke o altri agenti che provocano espansione mediante formazione di gas;
- misurazione del rapporto a/c, predeterminato sperimentalmente;
- fluidità della pasta d'iniezione al cono di Marsh; la prova sarà effettuata mediante la misura del tempo di scolo di 1000 cmc di miscela attraverso un ugello di 8 mm di diametro;
- misura dell'essudazione e del tempo di riassorbimento effettuata su 1000 ml di miscela in cilindro graduato di  $\phi = 60$  mm e  $h=450$  mm. dopo un tempo di riposo di 3 ore;
- verifica di assenza di ritiro;
- determinazione dell'espansione su provini di dimensioni standard e misurata in acqua dopo 2 giorni;
- misurazione del tempo di inizio presa a 20°C ed umidità relativa del 75%, secondo D.M. 3/6/68 - "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi";
- misura della resistenza a trazione per flessione a 8 gg. che dovrà essere superiore a 4MPa;
- misura della resistenza a compressione semplice a 28 gg. su provini cubici di lato 7 cm. o 10 cm.

Le prove suddette saranno effettuate presso un laboratorio approvato e certificate.

Gli esiti saranno riportati sul P.C.Q. ed i certificati allegati al dossier di qualificazione dell'opera.

La miscela sarà confezionata in una impastatrice che dovrà essere già stata qualificata a rispondere alle prescrizioni di cui al relativo punto

Il tempo di miscelazione sarà determinato di volta in volta mediante prova al cono di Marsh. Prima della iniezione si verificherà che la miscela venga passata attraverso un setaccio di maglia 2 mm di lato ed il trattenuto sia scartato.

#### *Iniezioni della pasta cementizia*

Durante le fasi di iniezione delle guaine si dovrà eseguire la misura della fluidità sulla pasta cementizia in uscita ed in entrata, con le modalità indicate al punto "c)" precedente.

Le fluidità misurate saranno confrontate tra loro e si continuerà l'iniezione fino a che risulteranno uguali ( $\pm 4$  sec), fermo restando i limiti di idoneità della miscela indicati al relativo punto.

Nel caso di interruzione di iniezione, si controllerà che il tempo intercorso fino alla ripresa delle operazioni non sia superiore ai 5 minuti, annotando gli orari di interruzione e di ripresa.

Al termine delle operazioni si controllerà che la guaina iniettata sia mantenuta per almeno 5 ore alla pressione di iniezione, annotando l'ora di termine delle operazioni e l'ora di rimozione del rubinetto di tenuta.

Si dovrà controllare che le iniezioni siano eseguite entro 15 gg. dalla messa in tensione delle armature di precompressione. Si dovranno controllare le condizioni climatiche (temperatura e presenza di gelo) secondo le modalità del D.M. 17/01/2018.

I controlli relativi alle modalità ed alle tecniche di iniezione sottovuoto, dovranno essere concordate con la DL.



#### Controlli sul lavoro finito

Saranno eseguite prove di tipo endoscopico almeno sul 20% dei cavi di precompressione, in almeno 3 punti per ogni cavo (estremità e mezzeria nel caso di travi appoggiate) e comunque in relazione all'andamento del tracciato.

In caso di esito negativo delle suddette prove le medesime potranno essere aumentate ad insindacabile giudizio della DL. Tutte le suddette verifiche saranno riportate sul P.C.Q.

#### Protezione delle armature dalle correnti vaganti

Si dovrà verificare la conformità dei collegamenti delle armature al terminale in ferro dolce e la conformità di questo ed il suo posizionamento in luogo di facile accessibilità, secondo quanto indicato al relativo punto. Nel caso di impiego alternativo di protezioni d'isolamento mediante sostanze dielettriche, si verificherà l'idoneità di queste (certificandone il tipo, la provenienza e attestandone la qualità) e si controllerà la corretta applicazione.

Le suddette verifiche saranno annotate sul P.C.Q..

#### Getto del calcestruzzo

Si richiamano, per quanto applicabili, i controlli previsti nel presente Capitolato.

#### Stagionatura

Il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che siano stati effettuati i controlli previsti al relativo punto e che venga rispettato il piano di stagionatura approvato.

#### Scassero

Il responsabile di C.Q. dovrà accertarsi che sia trascorso il tempo di stagionatura previsto dal piano di stagionatura.

#### Controlli strutturali

Il responsabile di C.Q. dovrà verificare che siano stati eseguiti i controlli strutturali così come previsti al relativo punto e specificatamente:

- effettuazione della misura delle deformate
- esecuzione delle prove di carico

L'esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.

#### Stoccaggio

Il responsabile di C.Q. dovrà verificare che lo stoccaggio sia eseguito in maniera propria e più precisamente conforme a quanto indicato relativo punto.

In particolare dovrà verificare i tempi minimi e massimi di stoccaggio. L'esito delle verifiche sarà annotato sul P.C.Q.

### **3.14 ALLEGATI**

#### **3.14.1 ALLEGATO 1 : PROVE PARTICOLARI SU CALCESTRUZZO**

Controllo dell'omogeneità

L'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto dovrà essere verificata su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera.

Dopo aver accertato dal documento di carico, che l'impasto è avvenuto nel rispetto della tolleranza dei singoli componenti e trascorso il tempo minimo necessario per garantire l'omogeneità dell'impasto ( $t' = n mc + 2'$ ), si procederà ad effettuare le prove sul cls fresco, sempre ad opera del laboratorio ufficiale/autorizzato nel seguente modo:

- 1) ad 1/5 di scarico della betoniera:
  - slump;
  - trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm;
- 2) ai 4/5 di scarico della betoniera:
  - slump;
  - trattenuto di aggregato al setaccio di 4 mm (per prova di omogeneità rispetto al valore del primo quinto);
- 3) il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe di consistenza dichiarata e si mantenga entro i limiti della stessa, con la tolleranza di  $\pm 20$  mm su detti limiti:
  - per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;
  - per almeno 45 minuti per temperature fino a 35°C.
- 4) venga verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera:



In tal caso dette p1 e p2 le percentuali in peso di trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni, dopo vagliatura a umido dovrà essere verificata la seguente relazione:

$$(p1 - p2) \leq 0,15 ((p1 - p2)/2)$$

L'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire di più di 30 mm.

Determinazione del coefficiente di permeabilità a carico costante

Preparazione n° 2 provini di conglomerato cementizio

Dimensione:

- cubico di lato 15 cm
- cilindrico di diametro 15 cm
- altezza 15 cm

Esecuzione della prova:

- Applicazione di un gradiente di pressione da 0,05 a 2,5 MPa ed eccezionalmente fino a 4,0 MPa.
- Misurazione della quantità di acqua percolata in 24 ore.
- Determinazione del coefficiente di permeabilità k 1cm/sec)

Si applica la seguente formula:

$$k = \frac{Qxd}{Axtxh}$$

### 3.14.2 ALLEGATO 2: FORMULARIO DI VALUTAZIONE CAVE DI INERTI

REQUISITI DEL FORNITORE DI INERTI

La cava deve rispondere ai seguenti requisiti:

- Potenzialità del banco sufficiente a coprire il fabbisogno;
- Affidabilità burocratico/amministrativa dell'azienda
- Affidabilità tecnica dell'azienda

Potenzialità del banco

Ai fini della determinazione della potenzialità del banco, verranno determinati:

- Superficie del banco (mq)
- Profondità del banco, in funzione dei saggi da effettuarsi (m)
- Volume complessivo presumibile del materiale estraibile (mc)

I saggi saranno effettuati lungo il perimetro della cava e all'interno della stessa secondo una maglia da stabilire in funzione dell'andamento planimetrico della cava, tali comunque da essere rappresentativi dall'intero banco.

Dall'esame dei prelievi da effettuarsi alle varie profondità, si ricaverà la stratigrafia del giacimento.

Da detta stratigrafia emergerà il quantitativo complessivo di materiale omogeneo estraibile dalla cava.

Aspetti burocratico-amministrativi

Verificare se la cava è in possesso delle autorizzazioni per lo sfruttamento della cava rilasciate dagli Enti preposti

Verificare che i trasporti del materiale in uscita siano corredati da bolle di accompagnamento che riportino la classe del materiale.

Aspetti tecnici

Deve essere verificata la potenzialità oraria di sfruttamento del banco, analizzando i mezzi impiegati:

Escavatori	n°	capacità mc/h
Pale cingolate	n°	capacità mc/h
Pale gommate	n°	capacità mc/h
Nastro	n°	capacità mc/h



Dumper	n°	capacità mc/h
Altri mezzi	n°	capacità mc/h
Totale capacità di estrazione		mc/h

Deve essere verificato l'impianto di frantumazione e vagliatura accertandone:

- La validità tecnica:	mediocre - buona – ottima
- Lo stato generale di efficienza:	mediocre - buona – ottima
- La capacità complessiva di trattamento	
confrontando:	
- impianto di frantumazione	mc/h
- impianto di vagliatura	mc/h

Deve essere verificato l'impianto di lavaggio accertandone:

- la validità tecnica:	mediocre - buona - ottima
- lo stato di efficienza:	mediocre - buona - ottima
- la capacità complessiva di trattamento	
confrontando:	
- impianto di lavaggio	mc/h
- impianto di frantumazione e vagliatura:	mc/h
- disponibilità acqua: quantità	scarsa - suff. - abbond.
- disponibilità acqua: continuità	incerta - certa

Devono in particolare, essere accertate le condizioni dei vagli che potranno essere: da sostituire, mediocri, buoni, ottimi

Si deve accertare che il materiale selezionato, corrisponda per ciascuna classe alle caratteristiche granulometriche di cui al capitolato tecnico:

- rispondente
- non rispondente.

Si deve verificare l'esistenza di setti di separazione tali da garantire che non vengano mescolate tra di loro diverse classi di inerti	SI	NO
Si deve accertare che sia garantita la esclusione di materiale terroso al momento del caricamento del materiale selezionato.	SI	NO
Si deve accertare l'esistenza, presso la cava, di un laboratorio gestito da personale qualificato	SI	NO
Si deve accertare se vengono effettuati controlli sistematici per la verifica delle attendibilità delle granulometrie prodotte:	SI	NO
Con quali frequenze?	Giornaliere, settimanali, mensili	
Si deve verificare se esiste una registrazione dei controlli effettuati:	SI	NO



Si deve accertare se la cava ha già effettuato prove presso laboratori ufficiali al fine di individuare le caratteristiche fisico-chimiche degli inerti prodotti:	SI	NO
Sia dotata di una officina tale da garantire la continuità di efficienza degli impianti	SI	NO
E, inoltre, se l'officina è dotata di una congrua scorta di ricambi tali da assicurare il pronto ripristino delle parti di impianto che si dovessero deteriorare.	Scarsa, sufficiente, abbondante	

### 3.14.3 ALLEGATO 3: FORMULARIO DI VALUTAZIONE IMPIANTI DI INERTI VAGLIATI E/O FRANTUMATI

Si elencano le operazioni di verifica a cui l'Appaltatore deve sottoporre il subfornitore.

Operazione di verifica	Risultato	
- Deve essere verificato l'impianto di frantumazione e vagliatura accertandone:		
la validità tecnica	mediocre - buona - ottima	
lo stato generale di efficienza:	mediocre - buona - ottima	
la capacità complessiva di trattamento:	mc/h	
- Deve essere verificato l'impianto di lavaggio accertandone:		
la validità tecnica:	mediocre - buona - ottima	
lo stato di efficienza:	mediocre - buona - ottima	
la capacità complessiva di trattamento:	mc/h	
mettendola a confronto con quella dell'impianto di frantumazione e vagliatura.	mc/h	
- Deve essere accertata la disponibilità dell'acqua di lavaggio in relazione:		
alla quantità:	scarsa - suff. - abbondante	
alla continuità:	incerta - certa	
- Devono, in particolare, essere accertate le condizioni dei vagli, che potranno essere:	da sostituire – mediocri - buoni - ottimi	
- Accertare che il materiale selezionato, corrisponda per ciascuna classe alle caratteristiche granulometriche di cui al Capitolato di Costruzione	rispond. non rispond.	
- Verificare l'esistenza di setti di separazione tali da garantire che non vengano mescolate tra di loro diverse classi di inerti	SI	NO
- Si deve accertare che sia garantita la esclusione di materiale terroso al momento del caricamento del materiale selezionato	SI	NO
- Si deve accertare se vengono effettuati controlli sistematici per la verifica delle attendibilità delle granulometrie prodotte:	SI	NO
Con quali cadenze?	Giornaliere - settimanali - mensili	
- Si deve verificare se esiste una registrazione dei controlli effettuati:	SI	NO
- Si deve accertare se l'impianto ha già effettuato prove presso laboratori ufficiali al fine di individuare le caratteristiche fisico-chimiche degli inerti prodotti:	SI	NO



- Si deve verificare se l'impianto è dotato di una officina tale da garantire la continuità di efficienza degli impianti	SI	NO
- Ed inoltre, se l'officina è dotata di una congrua scorta di ricambi tali da assicurare il pronto ripristino delle parti di impianto che si dovessero deteriorare	scarsa - suffic. -abbond.	

### 3.14.4 ALLEGATO 4: PROCEDIMENTO DI TARATURA DELLA CENTRALE DI BETONAGGIO

#### SCOPO

La presente procedura ha lo scopo di fornire tutti gli elementi per poter effettuare, e controllare in corso d'esercizio, la taratura delle apparecchiature di pesatura della Centrale di Betonaggio che verrà utilizzata dall'Appaltatore.

La presente procedura dovrà essere adattata, in funzione del livello, al tipo di Centrale che sarà effettivamente prescelto dall'Appaltatore.

#### MODALITA' OPERATIVE

Per tutte le operazioni di verifica di seguito dettagliate si utilizzeranno pesi campione opportunamente identificati e certificati.

Per il controllo di taratura di ciascuna bilancia si esegue un ciclo di carico e scarico, durante il quale si effettuano le seguenti verifiche:

controllo dello zero della bilancia prima e dopo ogni ciclo;

controllo della taratura facendo effettuare delle pesate ad intervalli di 1/10 del fondo scala (F) della bilancia, nell'intervallo compreso tra lo zero e F.

esecuzione, per il campo di maggior utilizzo di ciascuna bilancia, di pesate ad intervalli fissati come segue:

Inerti	F/50
Cemento	F/25
Acqua	F/25
Additivi	F/100

I dati di ogni pesata saranno riportati su una opportuna scheda e si calcoleranno gli errori alla lettura (bilancia madre, video, ripetitore) mediante la formula:

$$\text{Errore \%} = \frac{(\text{Peso tot. impostato} - \text{lettura pesata}) \times 100}{\text{Peso totale impostato}}$$

I limiti di accettabilità degli errori saranno i seguenti:

Cemento	2%
Acqua	2%
Additivi	2%
Inerti	3%

Si redigerà un verbale di controllo della taratura dell'impianto a cui si allegheranno le suddette schede di taratura di ogni singola bilancia. Tutte le bilance tarate dovranno avere applicato un cartellino riportante la data di taratura e la scadenza.





### 3.15 APPENDICI

#### 3.15.1 APPENDICE 1: CLASSIFICAZIONE DEI CEMENTI

<b>Tipi di cementi secondo UNI EN 197-1</b>		
<b>Tipi principali</b>	<b>Denominazione dei 27 cementi</b>	
CEM I	Cem. Portland	CEM I
CEM II	Cem. Portland alla loppa	CEM II/A-S
		CEM II/B-S
	Cem. Portland ai fumi di silice	CEM II/A-D
		Cem. Portland alla pozzolana
	CEM II/B-P	
	CEM II/A-Q	
	CEM II/B-Q	
	Cem. Portland alle ceneri volanti	CEM II/A-V
		CEM II/B-V
		CEM II/A-W
		CEM II/B-W
	Cem. Portland allo scisto calcinato	CEM II/A-T
		CEM II/B-T
	Cem. Portland al calcare	CEM II/A-L
CEM II/B-L		
CEM II/A-LL		
CEM II/B-LL		
Cem. Portland composito	CEM II/A-M	
	CEM II/B-M	
CEM III	Cem. d'altoforno	CEM III/A
		CEM III/B
		CEM III/C
CEM IV	Cem. pozzolanico	CEM IV/A
		CEM IV/B
CEM V	Cem. composito	CEM V/A
		CEM V/B

#### Cementi resistenti ai solfati

Tipo di cemento	Classi di resistenza ai solfati		
	Moderata <sup>1</sup>	Alta	Altissima
I			
II/A-S			
II/B-S			
II/A-D			
II/A-P	C3A≤8% e SO3≤3,5%	C3A≤3% e SO3≤3,5%	C3A=0% e C4AF o (C4AF + C2F) ≤20%
II/A-V			
II/A-L	C3A≤10% e SO3≤3,0%	C3A≤5% e SO3≤3,0%	
II/B-L			
II/A-M			
II/A-W			
II/A-T			
II/B-P			
II/B-V	Pozzolanicità <sup>2</sup>	Pozzolanicità <sup>2</sup> e C3A≤6%	Pozzolanicità <sup>2</sup> e C3A≤3%

<sup>1</sup>La classe “moderata” di resistenza ai solfati comprende, in particolare, la resistenza all’acqua di mare

<sup>2</sup>La pozzolanicità è positiva se il cemento soddisfa il saggio secondo quanto riportato nella UNI EN 195-5



II/B-W			
II/B-T			
II/B-M	Pozzolanicità o $C3A \leq 8\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C3A \leq 10\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	Pozzolanicità <sup>2</sup> e $C3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	Pozzolanicità <sup>2</sup> e $C3A = 0\%$
III/A	Nessuna prescrizione	$C3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	$C3A = 0\%$ e $C4AF$ o $(C4AF + C2F) \leq 20\%$
III/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	$C3A \leq 2\%$
III/C			
IV/A	Nessuna prescrizione	$C3A \leq 6\%$	$C3A \leq 3,5\%$
IV/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	$C3A \leq 3,5\%$
V/A	Nessuna prescrizione	$C3A \leq 3\%$ e $SO_3 \leq 3,5\%$ $C3A \leq 5\%$ e $SO_3 \leq 3,0\%$	Pozzolanicità <sup>2</sup> e $C3A \leq 3\%$
V/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	Pozzolanicità <sup>2</sup> e $C3A \leq 3\%$

UNI 9606			
Cementi resistenti al dilavamento			
Tipo di cemento	Classi di resistenza al dilavamento		
	Moderata	Alta	Altissima
I			
II/A-S	$C3S \leq 40\%$	Non ammesso	Non ammesso
II/B-S			
II/A-L			
II/B-L			
II/A-M			
II/B-M			
II/A-D	$C3S \leq 40\%$	Pozzolanicità e $C3S \leq 45\%$	Non ammesso
II/A-P			
II/A-V			
II/A-W			
II/A-T			
II/B-P	Nessuna prescrizione	Pozzolanicità e $C3S \leq 45\%$	Pozzolanicità e $C3S \leq 37\%$
II/B-V			
II/B-W			
II/B-T			
III/A	Nessuna prescrizione	$C3S \leq 30\%$	$C3S \leq 25\%$ e $RBC \geq 50\%$
III/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	$C3S \leq 20\%$
III/C	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione
IV/A	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	$C3S \leq 45\%$
IV/B			
V/A	Nessuna prescrizione	Pozzolanicità o $C3S \leq 30\%$	Pozzolanicità e $C3S \leq 30\%$
V/B	Nessuna prescrizione	Nessuna prescrizione	Pozzolanicità

NOTA: vi sono casi in cui il tenore ottimale di  $SO_3$  nel cemento risulta prossimo o maggiore dei limiti specificati nella presente norma. In tali casi se le proprietà del cemento possono essere migliorate superando i limiti di  $SO_3$  specificati nel prospetto, è consentito superarli purché si accerti che applicando il metodo ASTM C 1038 il cemento non sviluppi espansione in acqua maggiore dello 0.020% alla scadenza di 14 giorni. Qualora il produttore consegni un cemento con queste caratteristiche deve, su richiesta, fornire la documentazione di supporto.



### **3.15.2 APPENDICE 2: RIFERIMENTI NORMATIVI**

LEGGI, D.M., CIRCOLARI SULLE OPERE IN CALCESTRUZZO

#### **a) Strutture**

[1] Legge 5 novembre 1971, n. 1086

Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale precompresso ed a struttura metallica.

Circolare Min. LL.PP. 31 luglio 1979, n. 19581

Legge 5/11/1971 n. 1086, art. 7 Collaudo statico.

Circolare Min. LL.PP. 23 ottobre 1979, n. 19777

Competenza amministrativa - Legge 5/11/1971 n. 1086, Legge 2/2/1974, n° 64.

Circolare Ministero Lavori Pubblici 1 settembre 1987, n. 29010

Legge 5 novembre 1971, n. 1086 - Decreto Ministeriale 27 luglio 1985, Controllo dei materiali in genere e degli acciai per cemento armato normale in particolare.

Circolare Min. LL.PP. 16 luglio 1992, n. 36105 - Legge 5/11/1971 n. 1086 - D.M. 14/2/1992 - Acciai per cemento armato e da carpenteria.

[2] Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»

Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)

[3] Linee Guida per il calcestruzzo strutturale

Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei Lavori Pubblici

#### **b) Sismica**

[4] Legge 2 febbraio 1974, N. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

[5] Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione e il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche.

[6] Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)

#### **c) Prefabbricati**

[7] Decreto Ministeriale 3 dicembre 1987, n. 39

Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

[8] Circolare Min. LL.PP. 16 marzo 1989 n° 31104

Istruzioni in merito alle Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate.

[9] Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5).

[10] Circolare Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)



#### **d) Varie**

[11] DPR 12 agosto 1982 n. 802

Attuazione della direttiva (CEE) n. 80/181 relativa alle unità di misura.

[11bis] CNR - UNI 10003 - Sistema di unità di misura (S.I.)

Circolare Min. LL.PP. 29 ottobre 1987, n. 29233

Legge 5 novembre 1971, n. 1086, art. 20 - Autorizzazioni laboratori per prove sui materiali.

[12] D.M. 20 novembre 1987

Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento.

[13] DPR 21 aprile 1993 n. 246

Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione.

[14] Sovraccarichi per il calcolo dei ponti ferroviari

Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo - Ferrovie S.p.A. - Edizione 2 giugno 1995.

#### PRESCRIZIONI E METODOLOGIE DI PROVA DELLE MATERIE PRIME IMPIEGATE NEL CALCESTRUZZO

##### **a) LEGANTI**

###### **a1) Cementi**

[15] Legge 26 maggio 1965 n. 595

Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici.

[16] Decreto Ministeriale 13 settembre 1993 - G.U. 22/9/93

Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi.

Decreto Ministeriale 31 agosto 1972

Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche.

[17] Decreto Ministeriale 9 marzo 1988, n. 126

Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi.

E07.02.011.0 Cementi a ridotto calore di idratazione - Classificazioni e limiti (progetto in inchiesta pubblica)

[18] UNI EN 196-8 Metodi di prova dei cementi - Parte 8: Calore d'idratazione - Metodo per soluzione. (2010)

[19] UNI 9156 Cementi resistenti ai solfati - classificazione e composizione e f.a. 262 dell'11/88

[20] UNI 9606 Cementi resistenti al dilavamento - Classificazione e composizione

[21] UNI 10595 Cementi resistenti ai solfati e al dilavamento. Determinazione della classe di resistenza. Metodo chimico di prova.

[22] UNI EN 196 Metodi di prova dei cementi

Parte 1a - Determinazione delle resistenze meccaniche

Parte 2a - Analisi chimica dei cementi

Parte 3a - Determinazione del tempo di presa e della stabilità

Parte 4a - Determinazione quantitativa dei componenti

Parte 5a - Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici

Parte 6a - Determinazione della finezza

Parte 7a - Metodi di prelievo e di campionatura del cemento

Parte 21a - Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento

[23] UNI EN 197/1 Cemento - Composizione, specifiche e Criteri di conformità



### a2) Calci aeree

- [24] UNI 10319 Calci aeree - Terminologia
- [25] UNI 10320 Calce aerea per uso chimico - Determinazione del contenuto di calce disponibile
- [26] UNI 10321 Calce aerea per uso chimico - Determinazione della reattività mediante spegnimento in acqua.

### a3) Gessi

- [27] UNI 5371 Pietra di gesso per la fabbricazione dei leganti - Classificazione, prescrizioni e prove
- [28] UNI 8376 Leganti a base di solfato di calcio - Definizione e classificazione
- [29] UNI 8377 Leganti a base di solfato di calcio per l'edilizia - Gessi per intonaco (scagliola) - Requisiti e prove

### b) Acqua

- [30] UNI EN1008 Acqua per calcestruzzo

### c) Aggregati

- [31] UNI 8520 e s.m.i.- Aggregati per confezione di calcestruzzi
  - Parte 1a Definizione, classificazione e caratteristiche
  - Parte 2a Limiti di accettazione
  - UNI EN 932-1 Campionamento
  - UNI EN 032-3 Esame petrografico
  - UNI EN 933-1 Analisi granulometrica
  - UNI EN 1097-3 Determinazione della massa volumica apparente
  - Parte 7a Determinazione del passante allo staccio 0,075
  - Parte 8a Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili
  - UNI EN 1744-1 Determinazione del contenuto di particelle leggere e frustoli vegetali
  - UNI EN 1367-2 Determinazione della degradabilità mediante solfati
  - UNI EN 1744-1 Determinazione del contenuto di solfati
  - UNI EN 1744-1 Determinazione del contenuto di cloruri solubili in acqua
  - UNI EN 1097-6 Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini
  - UNI EN 1744-1 Determinazione colorimetrica del contenuto di sostanze organiche negli aggregati fini
  - UNI EN 933-8 e UNI EN 933-9
  - Determinazione dell'equivalente in sabbia e del fattore di blu negli aggregati fini
  - UNI EN 1097-6 Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro)
  - Parte 17a Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi
  - UNI EN 933-3 Determinazione dei coefficienti di forma e di adattamento
  - UNI EN 1097-2 Determinazione della perdita di massa degli aggregati grossi
  - UNI EN 1367-1 Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi
  - Parte 21a Confronto con calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note
  - Parte 22a Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali
  
- [32] UNI 7549 e s.m.i. - Aggregati leggeri
  - UNI EN 13055-1 Definizione, classificazione e pezzatura
  - Parte 2° Identificazione visuale degli scisti e delle argille espanse
  - UNI EN 13055-1 Analisi granulometrica



UNI EN 13055-1 Determinazione della massa volumica del materiale in mucchio  
UNI EN 13055-1 Determinazione della massa volumica media del granulo  
UNI EN 13055-1 Determinazione del coefficiente di imbibizione  
UNI EN 13055-1 Determinazione della resistenza dei granuli allo schiacciamento  
Parte 8a Determinazione del potere macchiante  
UNI EN 13055-1 Determinazione della perdita al fuoco  
UNI EN 13055-1 Determinazione della resistenza al gelo  
Parte 11a Determinazione della stabilità al trattamento a vapore  
UNI 11013 Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale

#### d) Additivi per impasti cementizi

[33]	UNI EN 934-2	Definizione e classificazione
[34]	UNI EN 934-2	Additivi fluidificanti - Idoneità e relativi metodi di controllo
[35]	UNI EN 934-2	Additivi aeranti - Idoneità e relativi metodi di controllo
[36]	UNI EN 934/2	Additivi ritardanti - Idoneità e relativi metodi di controllo
[37]	UNI EN 934-2	Additivi acceleranti - Idoneità e relativi metodi di controllo
[38]	UNI 7106	Additivi fluidificanti-aeranti - Idoneità e relativi metodi di controllo
[39]	UNI 10765	Additivi fluidificanti-ritardanti - Idoneità e relativi metodi di controllo
[40]	UNI 10765	Additivi fluidificanti-acceleranti. Idoneità e relativi metodi di controllo
[41]	UNI 7109	Additivi antigelo. Idoneità e relativi metodi di controllo
[42]	UNI 7110	Determinazione della solubilità in acqua distillata ed in acqua satura di calce
[43]	UNI EN 480-8	Determinazione del tenore di sostanza secca
[44]	UNI 7112	Determinazione delle sostanze zuccherine riducenti
[45]	UNI 7114	Determinazione del potere schiumogeno degli additivi aeranti e fluidificanti aeranti
[46]	UNI 7115	Determinazione della densità degli additivi liquidi o in soluzione
[47]	UNI 7116	Determinazione dell'alcalinità totale
[48]	UNI 7117	Determinazione della tensione superficiale di soluzioni contenenti additivi
[49]	UNI 7118	Determinazione della concentrazione idrogenionica (pH) di soluzioni contenenti additivi
[50]	UNI EN 480-10	Determinazione del cloro
[51]	UNI 7120	Determinazione dei tempi di inizio e fine presa delle paste cementizie contenenti additivi antigelo
[52]	UNI EN 934-2	Additivi superfluidificanti - Idoneità e relativi metodi di controllo

#### e) Aggiunte

[53]	UNI EN 450	Ceneri volanti per calcestruzzo - Definizioni, requisiti e controllo di qualità
[54]	UNI EN 451/1	Metodo di prova delle ceneri volanti - Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero
[55]	UNI EN 451/2	Metodo di prova delle ceneri volanti - Determinazione della finezza con staccatura umida

#### f) Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi

[56]	UNI 8146	Idoneità e relativi metodi di controllo
[57]	UNI 8147	Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo
[58]	UNI 8148	Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo
[59]	UNI 8149	Determinazione della massa volumica

#### g) Prodotti disarmanti per calcestruzzi

[60]	UNI 8866	Prodotti disarmanti per calcestruzzi
Parte 1a - Definizione e classificazione		
Parte 2a - Prova dell'effetto disarmante alla temperatura di 20 e 80°C. su superfici di acciaio o di legno trattato		

#### h) Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione

[61]	UNI 8656	Classificazione e requisiti
------	----------	-----------------------------



- [62] UNI 8657 Determinazione della ritenzione d'acqua
- [63] UNI 8658 Determinazione del tempo di essiccamento
- [64] UNI 8659 Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco
- [65] UNI 8660 Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo

#### METODOLOGIE DI PROVA PER MALTE CEMENTIZIE

##### 3a) Malte normali

- [66] UNI EN 196-1. Stampo per la preparazione providi da 4 x 4 x 16 cm di malta plastica - Complessivo e parti componenti
- [67] UNI 6010 Stampo, copristampo e cuscinetto per la preparazione provini di malta buttata per prove di resistenza a compressione
- [68] UNI 6011 Stampo, copristampo e cuscinetto per la preparazione provini di malta buttata per prove di resistenza a trazione
- [69] UNI 6687 Determinazione del ritiro idraulico
- [70] UNI 7044 Determinazione della consistenza mediante l'impiego della tavola a scosse
- [71] UNI 7121 Determinazione del contenuto d'aria
- [72] UNI 7927 Determinazione della resistenza alla penetrazione e dei tempi di inizio e fine presa

##### 3b) Malte e malte espansive per ancoraggi

- [73] UNI 8993 Definizione e classificazione
- [74] UNI 8994 Controllo di idoneità
- [75] UNI 8995 Determinazione della massa volumica della malta fresca
- [76] UNI 8996 Determinazione dell'espansione libera in fase plastica
- [77] UNI 8997 Determinazione della consistenza mediante canaletta su malte superfluide
- [78] UNI 8998 Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata

#### METODOLOGIE DI PROVA PER CALCESTRUZZI

- [79] UNI EN 206-1 Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità
- [80] UNI EN 206-1 Prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità
- [80] E07.00.129.0 Calcestruzzo rinforzato con fibre metalliche - Definizione, caratteristiche e metodi di controllo (contiene anche calcestruzzi proiettati)

##### a) Calcestruzzo fresco

- [81] UNI 9416 Prelevamento di campioni in cantiere
- [82] UNI EN 12390-2 Preparazione e stagionatura dei provini di calcestruzzo
- [83] UNI 6128 Confezione in laboratorio di calcestruzzi sperimentali
- [84] UNI 6393 Controllo della composizione del calcestruzzo fresco
- [85] UNI EN 12350-6 Determinazione della massa volumica su cls fresco
- [86] UNI EN 12350-7 Determinazione volumetrica per pressione del contenuto d'aria
- [87] UNI 11307 Prova sul calcestruzzo indurito - Determinazione del ritiro
- [88] UNI 7122 Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata
- [89] UNI 7123 Determinazione dei tempi di inizio e fine presa mediante la misura della resistenza alla penetrazione
- [90] UNI EN 12350-5 Determinazione della consistenza del calcestruzzo fresco mediante l'impiego della tavola a scosse
- [91] UNI 9416 Criteri generali di campionamento
- [92] UNI 9417 Classificazione della consistenza
- [93] UNI EN 12350-2 Determinazione della consistenza-Prova di abbassamento al cono-slump
- [94] UNI EN 12350-3 Determinazione della consistenza - Prova Vèbè
- [95] UNI EN 12350-4 Determinazione della consistenza - Indice di compattabilità

##### b) Calcestruzzo indurito

- [96] UNI EN 12390-1 Provini in calcestruzzo per prove di resistenza meccanica
  - Parte 1a Forme e dimensioni dei provini
  - Parte 2a Casseforme per il confezionamento dei provini



- [97] UNI EN 12504-1 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Carote - Prelievo, esame e prova di compressione
- [98] EN 12390-3 Prova sul calcestruzzo indurito - Resistenza alla compressione dei provini
- [99] UNI 6133 Prove di resistenza alla flessione
- [100] UNI 6134 Prove di resistenza alla compressione su monconi di provini rotti per flessione
- [101] UNI 6135 Prove di resistenza alla trazione
- [102] UNI 6394/2 Determinazione della massa volumica sul cls indurito
- [103] UNI 6505 Determinazione del contenuto di cemento (metodo Florentin)
- [103] UNI 11307 Determinazione del ritiro idraulico su calcestruzzi confezionati con inerti della dimensione massima fino a 30 mm
- [104] UNI 6556 Determinazione del modulo elastico secante a compressione
- [105] UNI 7087 Determinazione della resistenza alla degradazione per cicli di gelo e disgelo
- [106] UNI 7548/1 Calcestruzzo leggero - Definizione e classificazione
- [107] UNI 7548/2 Calcestruzzo leggero - Determinazione della massa volumica
- [108] UNI 7699 Determinazione dell'assorbimento d'acqua alla pressione atmosferica
- [109] UNI EN 12390-8 Calcestruzzo indurito - Determinazione della profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione
- [110] UNI EN 12504-2 Determinazione dell'indice sclerometrico
- [111] UNI EN 1992-1-2 Progettazione strutturale contro l'incendio
- [112] UNI EN 12504-4 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 4: Determinazione della velocità di propagazione degli impulsi ultrasonici
- [113] UNI 9525 Calcestruzzo - Determinazione dell'assorbimento di acqua per immersione sotto vuoto
- [114] UNI 9526 Calcestruzzo - Determinazione dell'assorbimento di acqua per capillarità
- [115] UNI EN 12504-3 Prove sul calcestruzzo nelle strutture - Parte 3: Determinazione della forza di estrazione
- [116] UNI 9771 Calcestruzzo indurito - Determinazione della frequenza fondamentale di risonanza flessionale, estensionale e torsionale
- [117] UNI 10157 Determinazione della forza di estrazione mediante inserti post-inseriti a estrazione geometrica e forzata
- [118] CNR UNI 10020 Prove di aderenza su barre di acciaio ad aderenza migliorata

#### c) Corrosione e protezione dell'armatura

- [119]UNI 9535 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione del potenziale dei ferri di armatura
- [120]UNI 9747 Corrosione delle armature del calcestruzzo in condizioni di aggressione - Metodi di intervento e prevenzione
- [121]UNI 9944 Corrosione e protezione dell'armatura del calcestruzzo - Determinazione della profondità di carbonatazione e del profilo di penetrazione degli ioni cloro nel calcestruzzo
- [122]UNI 10174 Istruzione per l'ispezione delle strutture di cemento armato esposte all'atmosfera mediante mappatura di potenziale.
- [123]UNI 10322 Corrosione delle armature delle strutture di calcestruzzo - Metodo per la determinazione del grado di protezione del calcestruzzo nei confronti dell'armatura

#### d) Macchine per prove di compressione su materiali da costruzione

- [124]UNI 6686-1 Definizione, requisiti meccanici e funzionali - Classificazione
- [125]UNI 6686-2 Verifiche di taratura
- [126]UNI 6686-3 Verifica di comportamento in fase di carico

#### DURABILITA' DELLE OPERE E MANUFATTI DI CALCESTRUZZO

- [127] UNI 8981 Durabilità delle opere e manufatti di calcestruzzo
  - Parte 1a - Definizioni ed elenco delle azioni aggressive
  - Parte 2a - Istruzioni per migliorare la resistenza ai solfati
  - Parte 3a - Istruzioni per migliorare la resistenza alle acque dilavanti
  - Parte 4a - Istruzioni per migliorare la resistenza al gelo e disgelo
  - Parte 5a - Istruzioni per migliorare la resistenza alla corrosione delle armature
  - Parte 6a - Istruzioni per migliorare la resistenza all'acqua di mare
  - Parte 7a - Istruzioni per la progettazione, la confezione e messa in opera del calcestruzzo
  - Parte 8a - Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo - Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice





#### PRODOTTI AUSILIARI PER IMPASTI CEMENTIZI A BASE DI POLIMERI ORGANICI

- [128] UNI 9527 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Definizione e classificazione
- [129] UNI 9528 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Metodi di controllo
- [130] UNI 9529 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione della perdita di massa a 105°C dei prodotti in polvere
- [131] UNI 9530 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione del numero di saponificazione dei polimeri organici in dispersione acquosa e ridispersibili in polvere
- [132] UNI 9531 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione del residuo su tela 0,040 (UNI 2331) delle emulsioni e delle dispersioni
- [133] UNI 9532 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici - Determinazione della resistenza allo strappo dei provini compositi
- [134] UNI 9533 Prodotti ausiliari per impasti cementizi a base di polimeri organici

#### PIANI DI CAMPIONAMENTO E CRITERI DI CONFORMITA'

- [135] UNI CEI EN 45011 Criteri generali per gli organismi di certificazione dei prodotti
- [136] UNI CEI EN 45014 Criteri generali per la dichiarazione di conformità rilasciata dal fornitore

#### ALTRE NORME

- [137] UNI-ENV 1992/1/1 Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [138] UNI EN 1994-1-1 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [139] UNI EN 12390-8 Prove sul calcestruzzo indurito - Parte 8: Profondità di penetrazione dell'acqua sotto pressione.



## 4 ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

### 4.1 GENERALITÀ

Esse dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto:

- dalla Legge 5 novembre 1971 n° 1086 "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n° 321 del 21-12-1971);
- dalla Legge 2 febbraio 1974 n° 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche" (G.U. n° 76 del 21-3-1974);
- dal D.M. 17 Gennaio 2019 "Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»"
- dalla Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 – "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"»"
- dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive integrazioni e aggiornamenti
- dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"
- dalla C.N.R.10011/97- "Costruzioni di acciaio – Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione"
- dalla CNR-UNI 10016/98 -"Travi composte acciaio-calcestruzzo. Istruzioni per il calcolo e l'esecuzione"
- dalla CNR 10030/87 - "Anime irrigidite di travi a parete piena"
- dalla UNI EN 10025/2005 - "Prodotti laminati a caldo di acciai non legati per impieghi strutturali. Condizioni tecniche di fornitura"

### 4.2 MATERIALI

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della D.L., il progetto esecutivo delle opere e la relazione completa dei calcoli giustificativi di tutti gli elementi della costruzione nonché le luci di influenza delle deformazioni elastiche nei punti della struttura preventivamente concordata con la D.L.

Nel progetto esecutivo dovranno essere completamente definiti tutti i particolari costruttivi elencati nelle norme sopracitate.

Nella relazione di calcolo dovranno essere indicate le modalità di montaggio dell'opera, specificando il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi del montaggio;

tutte le indicazioni necessarie all'esecuzione delle opere di fondazione e alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle medesime.

Sugli elaborati di progetto, firmati dal progettista e dall'Impresa, dovranno essere riportati tipi e qualità degli acciai da impiegare, che dovranno essere conformi alla norma UNI EN 10025.

Dopo l'approvazione del progetto esecutivo da parte della D.L., l'Impresa dovrà presentare a quest'ultima, i disegni esecutivi di officina 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.

Le sezioni delle strutture sono da considerarsi fisse ed invariabili: eventuali modifiche relativamente a spessori e dimensioni sono ammesse solo in caso di evidenti errori di progettazione o di impossibilità esecutiva, e comunque sempre a seguito del benessere della D.L.

L'Impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

Gli acciai da impiegare devono avere le caratteristiche indicate nelle N.T.C. del D.M. 14/01/08 cap.11.

### 4.3 PRESCRIZIONI SULLE SALDATURE

Per i giunti a piena o parziale penetrazione saranno definite a cura del Costruttore le preparazioni dei lembi che saranno riportate sui disegni e approvati dalla DL.

Le attrezzature previste per la preparazione dei lembi dovranno comparire sulle procedure di saldatura. L'impiego dell'ossitaglio manuale è ammesso a condizione che la superficie sia in seguito accuratamente molata per eliminare le strie da taglio e altre irregolarità.



Per i giunti a T a piena penetrazione deve essere previsto un graduale allargamento della saldatura la cui larghezza deve essere assunta pari almeno a 1,3 volte lo spessore  $S_{min}$ .

Per i giunti a T a parziale penetrazione, in mancanza di specifiche indicazioni sulla verifica della preparazione dei lembi, l'angolo di apertura del cianfrino non dovrà essere inferiore a  $50^\circ$  e l'altezza della sezione resistente sarà assunta pari alla profondità del cianfrino.

Per i giunti a cordone d'angolo l'altezza di gola è valutata a partire dal vertice teorico del cianfrino. La forma del cordone o della prima passata nei giunti a passate multiple dovrà rispettare la relazione di seguito indicata tra la larghezza "l" e la profondità "p":

$$0,5 l < p < 1,1 l$$

Dove con "p" si intende la somma della gola più la profondità della penetrazione.

Il costruttore indicherà sui disegni costruttivi o su altro documento i riferimenti alle procedure di saldatura (WPS)

Per quanto concerne il progetto della saldatura, è fatto obbligo all'Impresa di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.NA. (Registro Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto.

Tutte le saldature saranno realizzate in conformità al p.to 11.3.4.5 del DM 14/01/08.

In sede di approvazione dei progetti, la D.L. stabilirà in particolare i tipi e la estensione dei controlli sulle saldature in conformità a quanto stabilito dal D.M. 14/01/08, e tenuto conto di quanto prescritto al riguardo nella relazione.

Dopo l'approvazione del progetto costruttivo da parte della D.L., l'Impresa dovrà presentare a quest'ultima, in lucido e copie, i disegni esecutivi di officina 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.

L'Impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

#### REQUISITI DEL COSTRUTTORE

Il costruttore dovrà essere certificato in accordo alla UNI EN ISO 3834-1/2/3/4.

In particolare il costruttore dovrà essere in possesso della certificazione secondo quanto previsto da:

- UNI EN ISO 14731:2007
- UNI EN 287-1:2004
- UNI EN ISO 15614-1 :2005
- UNI EN ISO 3834 :2006 Classe C

#### NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER GLI ACCIAI E PER LE SALDATURE

Il seguente elenco è da ritenersi indicativo e non esaustivo, valendo comunque tutte le normative tecniche vigenti anche se non menzionate.

UNI-EN 10025 "Prodotti limitati a caldo di acciai per impieghi strutturali: Condizioni tecniche generali di fornitura"

UNI EN ISO 14399:2005 "Bulloneria strutturale ad alta resistenza a serraggio controllato"

UNI EN ISO 15607:2005 "Specializzazione e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici – Regole generali"

UNI EN ISO 1011-1:2009

UNI EN ISO 1011-2 :2005

UNI EN ISO 9692-1 :2005

#### CONTROLLI SULLE SALDATURE

Normativa di riferimento:

- UNI EN 12062:2004
- UNI EN ISO 17635:2010

Oltre al controllo visivo al 100%, i giunti a T a completa penetrazione dovranno essere sottoposti a controllo a ultrasuoni al 100%. Le altre tipologie di giunto saranno sottoposte a controlli non distruttivi in ragione al 50% della lunghezza di ogni giunto secondo i sistemi previsti dalle N.T.C. 14/01/08 Cap. 11 e con le modalità previste dalle normative applicabili.

Il personale addetto ai controlli sui giunti saldati e sul materiale base deve essere certificato almeno di 2° livello secondo la norma UNI EN 473:2001.

Esame visivo:



- sarà condotto secondo la UNI EN 970 e verrà utilizzato per la ricerca di irregolarità e/o difetti emergenti sulla saldatura e per determinare la dimensione dei cordoni d'angolo.

Esame magnetoscopico:

- sarà condotto secondo la UNI EN ISO 17638:2010

Esame a ultrasuoni:

- sarà condotto secondo la UNI EN 1712:2005

Accettabilità dei difetti:

- Le saldature principali dovranno soddisfare i requisiti della norma UNI EN ISO 5817:2004, classe di qualità B.

#### **4.4 COLLAUDO TECNOLOGICO DEI MATERIALI**

Ogni volta che le partite di materiale metallico destinato agli elementi strutturali e agli apparecchi di appoggio perverranno agli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Impresa darà comunicazione alla Direzione dei Lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la ferriera di provenienza, la destinazione costruttiva, i risultati dei collaudi interni.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno.

In accordo con la normativa vigente, sono previste tre forme di controllo obbligatorie:

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

Tali controlli saranno effettuati secondo quanto indicato al p.to 11.3 del DM 14/01/08.

##### **4.4.1 Controllo di produzione in stabilimento**

Tutti gli acciai dovranno essere prodotti con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che dovrà assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione.

Fatto salvo quanto disposto dalle norme europee armonizzate, ove applicabili, il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione dovrà essere predisposto in coerenza con la Norma UNI EN ISO 9001/08 e certificato da parte di organismo terzo indipendente che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021/06.

Quando non sia applicabile la marcatura CE, la valutazione di conformità del controllo di produzione in stabilimento e del prodotto finito sarà effettuata attraverso la procedura di qualificazione indicata al paragrafo 11.3.4.11 del DM 14/01/08. Per tutti i prodotti qualificati dovranno essere garantite l'identificazione e la rintracciabilità, secondo quanto indicato al p.to 11.3.1.4 del DM 14/01/08; il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, dovrà verificare la documentazione e rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

##### **4.4.2 Controllo nei centri di trasformazione**

Si definisce centro di trasformazione un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere che riceve dal produttore di acciaio elementi base e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera.

Il centro di trasformazione potrà ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine accompagnati dalla documentazione prevista; il trasformatore dovrà essere dotato di 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 dalle norme tecniche.

Nell'ambito del processo produttivo dovrà essere posta particolare cura ai processi di piegatura e saldatura verificando che tali lavorazioni non alterino le caratteristiche meccaniche originarie del prodotto. Ogni centro di trasformazione dovrà inoltre indicare un proprio logo o marchio che identifichi in modo inequivocabile il centro stesso.

Ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati dovrà essere accompagnata 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 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.

Il Direttore dei lavori dovrà verificare quanto sopra indicato e rifiutare eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione.

#### **4.4.3 Controlli di accettazione nei cantieri**

I controlli di accettazione sono obbligatori e dovranno essere eseguiti 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, la D.L., dopo essersi accertata che il suddetto centro di lavorazione sia in possesso dei requisiti previsti dalla normativa, potrà recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli previsti dal D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» e relativa circolare applicativa 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"».

#### **4.4.4 Collaudo dimensionale e di lavorazione**

La Direzione dei Lavori si riserva il diritto di chiedere il premontaggio in officina, totale o parziale delle strutture, secondo modalità da concordare di volta in volta con l'Impresa.

Per i manufatti per i quali è prevista una fornitura di oltre 10 esemplari da realizzare in serie, deve prevedersi all'atto del collaudo in officina, il premontaggio totale o parziale, da convenirsi secondo i criteri di cui sopra, di un solo prototipo per ogni tipo.

In tale occasione la Direzione dei Lavori procederà alla accettazione provvisoria dei materiali metallici lavorati.

Analogamente a quanto detto al comma precedente, ogni volta che si rendono pronte per il collaudo le travate, l'Impresa informerà la Direzione dei Lavori indicando tipo e destinazione di ciascuna di esse.

Entro 8 giorni la Direzione dei Lavori darà risposta fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione della travata stessa in cantiere.

Nel caso del collaudo in contraddittorio, gli incaricati della Direzione dei Lavori verificheranno sia per ognuna delle parti componenti le opere appaltate, quanto per l'insieme di esse, l'esatta e perfetta lavorazione a regola d'arte ed in osservanza ai patti contrattuali.

I pezzi presentati all'accettazione provvisoria devono essere scevri di qualsiasi verniciatura, fatta eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra loro, che debbono essere verniciati in conformità alle prescrizioni della Direzione dei Lavori.

### **4.5 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 e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

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.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia 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 fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla 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 risulta superiore al diametro nominale del bullone, oltre la tolleranza prevista nella normativa vigente, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con un diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

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



Per ogni unione con bulloni, l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione dei Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro.

Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la 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 la 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, tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

## **4.6 SPECIFICA DI CONTROLLO**

### **4.6.1 DISPOSIZIONI GENERALI**

La seguente specifica si applica ai vari tipi di ponti viadotti e sottovia ricadenti all'interno dell'infrastruttura stradale.

La documentazione di riferimento comprende tutta quella contrattuale e, più specificatamente, quella di progetto quale disegni, specifiche tecniche, ecc.; sono altresì comprese tutte le norme tecniche vigenti in materia.

L'Impresa è obbligata comunque ad organizzare per proprio conto, con personale qualificato ed attrezzature adeguate, approvate dalla D.L., un laboratorio di cantiere in cui si procederà ad effettuare tutti gli ulteriori accertamenti di routine ritenuti necessari dalla D.L., per la caratterizzazione e l'impiego dei materiali.

Le opere in oggetto sono costituite da:

- manufatti realizzati in conglomerato cementizio, posti in opera in particolari condizioni e con accorgimenti peculiari;
- opere finite accessorie (pali, pozzi di fondazione; etc.);
- manufatti realizzati in strutture metalliche particolare e/o specifici di questo tipo di realizzazioni.

### **4.6.2 IMPALCATI E OPERE ACCESSORIE E COMPLEMENTARI IN ACCIAIO**

Questa tipologia di opere comprende sia le strutture portanti che i bulloni e i chiodi necessari per l'accoppiamento delle varie parti.

#### **a. Caratteristiche dei materiali**

Per le opere in oggetto si utilizzeranno tutti i materiali indicati nelle specifiche di progetto, e nel Capitolato di Costruzione. I materiali dovranno corrispondere ed essere qualificati e/o controllati in conformità alle disposizioni di cui al cap.11 del D.M. 17 Gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

L'Impresa deve provvedere all'approvvigionamento dei suddetti materiali presso fornitori qualificati ed in grado di fornire gli stessi in accordo alle norme e specifiche sopra citate.

I materiali forniti debbono essere corredati dalla apposita certificazione richiesta nelle norme citate.

#### **b. Controlli sui materiali**

Il controllo della rispondenza dei materiali alle prescrizioni del contratto è demandato al fornitore.

All'atto della ricezione dei materiali in cantiere, si dovrà verificare che siano corredati di tutta la certificazione richiesta dal presente Capitolato e dalla normativa di legge.

I materiali debbono infatti pervenire dal fornitore accompagnati dalla loro certificazione di qualità in accordo alle prescrizioni del D.M. 14/01/08 ed alle norme UNI vigenti.

La certificazione dei controlli sui materiali farà parte della documentazione da consegnare alla DL.

#### **c. Controlli in costruzione per impalcati**

##### **c.1. Controlli preliminari all'inizio delle lavorazioni**

L'Impresa deve, sulla base del progetto e delle prescrizioni tecniche sulla lavorazione ed il montaggio, redigere un piano di lavorazione sulla base del progetto esecutivo e del Capitolato di Costruzione,

Il tutto verrà inviato alla D.L. per approvazione, allegando la suddetta documentazione.



Dopo le suddette positive verifiche la D.L. darà il suo benestare all'inizio delle lavorazioni.

#### c.2. Controlli in fase di costruzione

I controlli in fase di costruzione sono dei tipi seguenti:

Controlli dimensionali e di posizionamento

Questo tipo di controllo deve essere eseguito prima di ogni fase di lavoro che preveda lavorazioni o messa in opera di profilati, lamiere e ogni altro tipo di componente come specificato nei disegni di progetto.

#### Controlli sulle saldature

Le saldature dovranno essere effettuate con le modalità prescritte ai punti precedenti della presente sezione del Capitolato. La loro esecuzione deve essere comunque progettata, programmata ed effettuata in accordo alle normative vigenti.

Il piano di controllo delle saldature dovrà rispettare le specifiche del presente Capitolato e del progettista, e potrà seguire le seguenti indicazioni:

- travi e orditura principale, le saldature di testa dovranno essere radiografate al 100%;
- elementi secondari: i controlli non potranno comunque essere inferiori ad un controllo radiografico sul 20% delle saldature ed ad ultrasuoni sul restante 80%.

#### Controllo sul serraggio dei bulloni

Il serraggio dei bulloni dovrà essere effettuato con le modalità operative illustrate nei precedenti punti della presente sezione del Capitolato.

Il controllo dei nodi imbullonati avverrà con le seguenti modalità:

- Si marcherà dado e vite del bullone serrato per identificare la loro posizione rispetto al coprigiunto;
- Si allenterà il dado con una rotazione di almeno 60°;
- Si rinserrerà il dado verificando che l'applicazione della coppia prescritta lo riporti nella posizione originaria.
- Si verificherà con la procedura sopra descritta che la coppia di serraggio di almeno il 10 % dei bulloni del giunto sia corretta (con un minimo di quattro bulloni per unione bullonata), scegliendo i bulloni da verificare in modo da interessare in maniera regolare tutta l'estensione del giunto stesso.

Nel caso in cui anche un solo bullone del giunto fosse mal serrato, si dovrà procedere a ricontrollare tutti i bulloni. Prima delle prove di carico si dovrà procedere, dopo preventiva comunicazione alla D.L., alla ripresa delle coppie di serraggio per tutti i bulloni della struttura.

#### Controlli sulle chiodature

Si effettueranno i controlli prescritti dalla normativa vigente, con la stessa frequenza e modalità indicate per il serraggio dei bulloni.

#### c.3 Controllo delle frecce d'inflexione e corretta posa in opera dei manufatti

Alcuni tipi di travatura potranno essere costruite con controfreccie di montaggio.

Le frecce in oggetto dovranno essere controllate per ogni trave posta in opera e registrate su apposito registro.

Controllo sui rivestimenti e verniciature

Il controllore dovrà verificare visivamente lo stato generale delle verniciature e prendere di conseguenza le opportune azioni per il ripristino delle stesse.

### **4.7 PROVE DI CARICO E COLLAUDO STATICO DELLE STRUTTURE IN ACCIAIO**

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Impresa, secondo le prescrizioni contenute nel cap. 9 del DM 14/01/08.



## 5 ACCIAIO COR-TEN

### 5.1 Formatura a freddo

Si raccomanda di non usare raggi di curvatura interna inferiori a quelli della seguente tabella (asse del mandrino perpendicolare alla direzione di laminazione):

Spessore = a (mm)

Qualità	1-1.5	2-6	6-12	15-20	21-60
COR-TEN A	1a	2a	3a		
COR-TEN B				4a	6

Per lavorazioni particolarmente severe (doppie piegature - piegature con asse mandrino parallelo alla direzione di laminazione ecc.) si prescrive l'impiego, ove possibile, di materiale normalizzato. Per tutte le altre lavorazioni vale quanto già noto per gli acciai al carbonio di pari resistenza

### 5.2 Formatura a caldo

Si raccomanda il riscaldamento ad una temperatura non superiore a 1100°C e di terminare l'operazione di formatura ad una temperatura non inferiore a 815°C. Il raffreddamento conseguente una corretta formatura non produce apprezzabili indurimenti del materiale e pertanto non sono richiesti trattamenti termici finali.

### 5.3 Saldatura

Devono essere utilizzati i metodi di saldatura seguenti: - arco con elettrodi rivestiti - arco sommerso - arco sotto gas protettivo

### 5.4 Prescrizioni particolari

COR-TEN A: è previsto l'impiego di elettrodi basici per la saldatura ad arco con elettrodi rivestiti ove si richiede particolare resistenza meccanica alla saldatura e in modo speciale negli spessori più elevati.

COR-TEN B: è previsto l'impiego di elettrodi basici nel caso di saldatura ad arco con elettrodi rivestiti; ove si effettui la saldatura in arco sommerso o in atmosfera di gas inerte possono essere usate le stesse combinazioni filo-flusso e gli stessi gas protettivi adottati o per i comuni acciai strutturali al carbonio di resistenza equivalente. E' sempre richiesto per gli elettrodi e per il flusso un accurato grado di essiccamento.

### 5.5 Assimilabilità per impiego

	ASTM	EN 10155
COR-TEN A	A 242	S355 JOWP
COR-TEN B	A 588 GR.A	S355 JOW

### 5.6 Montaggio

Il montaggio delle strutture verrà effettuato con personale, mezzi d'opera ed attrezzature dell'Appaltatore e verrà condotto sotto la sua piena ed incondizionata responsabilità, secondo la progressione temporale prevista a programma.





## 6 FONDAZIONI PROFONDE

Le strutture che si andranno ad esaminare in questo capitolo hanno particolare importanza per la loro interazione con il terreno e sono utilizzate per trasmettere i carichi al terreno al fine di fornire stabilità e rigidità alle strutture in elevazione, o per contrastare le spinte del terreno.

Prioritariamente quando è necessario trasmettere i carichi a strati più resistenti o comunque trasferirli principalmente in profondità, si ricorre a fondazioni su pali, cioè elementi allungati, generalmente in calcestruzzo o in acciaio.

In questo tipo di fondazione il carico è trasmesso al terreno per attrito e/o adesione laterale lungo il fusto ed in parte per pressione al di sotto della punta.

La scelta di optare per una fondazione su pali è dovuta in genere alla presenza di terreni di scarse caratteristiche geotecniche (in termini di capacità portante e cedimenti) in superficie.

In linea generale i pali si dividono in infissi, trivellati e con tubo forma infisso e successivo getto di cls in opera. Solo nel caso dei trivellati, durante la realizzazione si ha asportazione del terreno.

La scelta della tipologia di pali da impiegare dipende da alcuni fattori come:

- natura del terreno;
- entità dei carichi da trasmettere al terreno;
- modifiche indotte dalla realizzazione dei pali (funzione della tecnologia);
- attrezzature disponibili in relazione agli spazi di manovra;
- effetti sulle costruzioni adiacenti (se presenti)

Questi vincoli infatti comportano che:

- i pali infissi non sono adatti in terreni ad alta resistenza od in terreni eterogenei con trovanti;
- l'infissione comporta benefico addensamento solo se eseguito in terreni incoerenti; nei terreni coesivi saturi, l'infissione infatti incrementa solo le pressioni neutre senza addensare (agli eccessi può liquefare il terreno);
- l'infissione comporta l'impiego di attrezzature di grandi dimensioni e determina trasmissione di vibrazioni;
- la realizzazione di pali, specie se realizzati in opera (e non prefabbricati) richiede maestranze specializzate.

Conseguentemente la scelta operata dal progettista relativamente a queste strutture di fondazione risulta fondamentale per la corretta esecuzione dell'opera sovrastante.

Il presente Capitolo intende fornire le caratteristiche, i criteri di controllo ed accettazione sui materiali da utilizzarsi per la corretta esecuzione delle opere in argomento.

### 6.1 PALI E MICROPALI

Con la denominazione di “pali” si intendono le sottofondazioni cilindriche aventi diametro > 300 mm; per diametri inferiori si parla di “micropali”.

Dal punto di vista esecutivo, i pali si suddividono in:

- **Pali trivellati**
- **Pali infissi**

I pali trivellati sono ottenuti mediante l'asportazione di terreno e sua sostituzione con conglomerato cementizio armato, con l'impiego di perforazione a rotazione o rotopercolazione, eseguiti in materiali di qualsiasi natura e consistenza (inclusi muratura, calcestruzzi, trovanti, strati cementati e roccia dura), anche in presenza di acqua e/o in alveo con acqua fluente.

I pali infissi vengono realizzati mediante battitura di manufatti prefabbricati o gettati in opera. L'adozione di pali infissi è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali tra i quali:

- vibrazioni, rumori, spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno causati dall'infissione;
- eventuali interferenze con i pali adiacenti.

Con micropali o pali trivellati di piccolo diametro si identificano i pali trivellati realizzati con perforazioni di piccolo diametro ( $d \leq 250$  mm) ed armatura metallica, connessi al terreno mediante:



- riempimento a gravità;
- riempimento a bassa pressione;
- iniezione ripetuta ad alta pressione.

Indipendentemente dalla tipologia di palo da realizzare, prima di iniziare la perforazione e/o l'infissione, l'impresa provvederà a segnare fisicamente sul terreno la posizione dei pali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del palo indicato sulla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata dall'impresa alla Direzione Lavori, dovrà indicare la posizione di tutti i pali, **inclusi quelli di prova**, contrassegnati con numero progressivo.

Per i pali infissi, l'Impresa esecutrice dovrà presentare un programma cronologico di infissione elaborato in modo da minimizzare gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già installati (in genere interasse non inferiore a 3 diametri).

L'Impresa avrà cura di non provocare inquinamenti di superficie o della falda per incontrollate scariche dei detriti e/o dei fanghi bentonitici (ove utilizzati).

### 6.1.1 PALI INFISSI

Con tale denominazione si identificano i pali infissi nel terreno realizzati mediante battitura di manufatti prefabbricati o gettati in opera. L'adozione di pali infissi è condizionata da una serie di fattori geotecnici ed ambientali tra i quali:

- vibrazioni, rumori, spostamenti verticali e/o orizzontali del terreno causati dall'infissione;
- eventuali interferenze con i pali adiacenti;

Lo studio preventivo condotto da parte dell'impresa, con l'ausilio del progettista, dovrà prevedere tutti gli accorgimenti e le provvigioni utili a contenere le vibrazioni entro i limiti di accettabilità imposti dalle norme DIN 4150. Nella eventualità di superamento di tali limiti, la stessa impresa dovrà sottoporre alla Direzione Lavori, per la necessaria approvazione, i provvedimenti che intende adottare per proseguire le lavorazioni nel rispetto dell'intervallo di accettabilità.

In particolari condizioni di natura geotecnica e/o stratigrafica, in relazione all'importanza dell'opera, l'idoneità delle attrezzature dovrà essere verificata mediante **l'esecuzione di prove tecnologiche preliminari**.

Tali verifiche dovranno essere condotte in aree limitrofe a quelle interessanti la palificata in progetto e comunque tali da essere rappresentative dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico.

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti in acciaio, sia provvisori che definitivi, dovranno essere conformi alle prescrizioni di progetto.

Nel caso di pali battuti con rivestimento definitivo, da realizzare in ambienti aggressivi la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati, da concordare con la Direzione Lavori.

Nel caso di pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile, l'espulsione del fondello, occludente l'estremità inferiore del tubo-forma, potrà essere eseguito con un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo forma collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

Potrà essere impiegato un tubo-forma dotato di fondello incernierato recuperabile.

In base a come viene costruito il fusto, i pali trivellati si distinguono in:

#### 6.1.1.1 Pali infissi prefabbricati:

I pali verranno prefabbricati fuori opera (in stabilimenti di produzione oppure direttamente in cantiere). L'Impresa presenterà uno studio preliminare sui calcestruzzi e sugli acciai da utilizzarsi per la prefabbricazione oltre che una dettagliata descrizione sulla tecnica di infissione, corredata dalle schede di controllo da compilarsi durante le operazioni di infissione, ai fini del controllo dei parametri sensibili.

La DL avrà cura di far eseguire prove di controllo della geometria del fusto del palo e delle armature e delle caratteristiche di resistenza dei materiali impiegati, il tutto a carico dell'Impresa.

Il giunto dovrà essere realizzato con un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire.



Gli anelli verranno saldati tra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

L'infissione si realizzerà tramite battitura, senza asportazione di materiale.

Nel caso di attraversamento di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni di acqua.

Prima di essere infisso, il fusto del palo dovrà essere suddiviso in tratti di 0,5 m, contrassegnati con vernice di colore contrastante rispetto a quello del palo.

Gli ultimi 2,0 - 4,0 m del palo dovranno essere suddivisi in tratti da 0,1 m, onde rendere più precisa la rilevazione dei rifiuti nella parte terminale della battitura.

L'arresto della battitura del palo potrà avvenire solo dopo aver raggiunto:

- la lunghezza minima di progetto;
- il rifiuto minimo specificato.

Dove con il termine rifiuto minimo, si intende, quando l'infissione corrispondente a 10 colpi di battipalo efficiente è inferiore ai 2,5 cm.

Precisazioni dettagliate concernenti il rifiuto minimo saranno contenute nella relazione preliminare predisposta dal progettista per conto dell'impresa.

In condizioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, etc.) la Direzione Lavori potrà richiedere la ribattitura di una parte dei pali già infissi per un tratto in genere non inferiore a 0,3-0,5 m.

In questo caso si dovranno rilevare i "rifiuti" per ogni 0,1 m di penetrazione, evidenziando in modo chiaro nei rapportini che si tratta di ribattitura.

#### 6.1.1.2 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA SU PALI INFISSI

Valgono le stesse prescrizioni indicate nei controlli relativi ai pali trivellati precedentemente esposte.

Per ciascun palo l'Impresa dovrà redigere una scheda dove verranno riportati i risultati dei controlli delle tolleranze:

- sul perimetro: uguale al  $\pm 2\%$ ;
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità):  $\leq \pm 3\%$  (2% nel caso di pali infissi gettati in opera);
- errore rispetto alla posizione planimetrica:  $\leq 15\%$  del diametro nominale in testa;

ed inoltre dovrà essere riportato:

- n° progressivo del palo così come riportato nella planimetria di progetto;
- data di infissione;
- dati tecnici dell'attrezzatura;
- informazioni relative alla locale stratigrafia;
- tempo di infissione;
- rifiuto ogni 0,1 m negli ultimi 4 m, e ogni 1 m nel tratto precedente;
- profondità di progetto;
- rifiuti per eventuale ribattitura;
- eventuale strumentazione e posizione della stessa per il controllo dell'efficienza del battipalo e della velocità terminale del maglio;
- controllo delle vibrazioni (DIN – 4150);
- risultati delle eventuali prove richieste dalla DL;
- caratteristiche dei materiali costituenti il manufatto e lotto di appartenenza dello stesso.

Nel caso di pali battuti gettati in opera, oltre ai precedenti controlli:

- data del getto;
- tipo di tappo impiegato;
- quantità di calcestruzzo posto in opera nella formazione dell'eventuale bulbo e fusto;



- misura dello “slump” (per ogni betoniera o per ogni 10 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera);
- numero dei prelievi per il controllo della resistenza a compressione e valori della stessa, così come indicato nel presente Capitolato, ed inoltre quando richiesto dalla Direzione Lavori;
- geometria delle gabbie di armatura;

eventuali ulteriori prove richieste dalla Direzione Lavori.

### 6.1.2 MATERIALI DA UTILIZZARE

I calcestruzzi, le malte e le armature metalliche dovranno essere realizzate in conformità a ciò che è prescritto in progetto e nel Capitolato sezione “calcestruzzi” ed “armature”.

Per le armature tubolari dei micropali, si useranno tubi di acciaio SE 275 – SE 355, con o senza saldatura longitudinale con attestato di qualificazione con le modalità e le procedure indicate nelle NTC- Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17/01/2018.

Nel caso i tubi di armatura siano anche dotati di valvole per l’iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l’esecuzione dei fori di uscita della malta (fori  $d = 8$  mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo  $s = 3,5$  mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4 mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto.

La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo.

### 6.2 PROVE DI CARICO

Le prove di carico saranno effettuate con le modalità di cui al D.M. 17.01.2018 e s.m.i. a cura e spese dell’appaltatore.

Le prove di carico hanno principalmente lo scopo di:

- accertare eventuali deficienze esecutive nel palo;
- verificare i margini di sicurezza disponibili nei confronti della rottura del sistema palo-terreno;
- valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno.

Si definiscono:

- prove di carico assiale e/o prove di verifica le prove effettuate su pali e micropali facenti parte della fondazione, dei quali non bisogna compromettere l'integrità; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (Pmax) è in generale pari a 1,5 volte il carico di esercizio (Pes);
- prove a carico limite o prove di progetto su pali pilota le prove effettuate su pali e micropali appositamente predisposti all'esterno della palificata, spinte fino a carichi di rottura del sistema palo-terreno o prossimi ad essi; il carico massimo da raggiungere nel corso della prova (Pmax) è in generale pari a 2,5÷3 volte il carico di esercizio (Pes);

Il numero e l'ubicazione dei pali e micropali da sottoporre a prova di carico devono essere stabiliti in funzione dell'importanza dell'opera, dell'affidabilità, in termini quantitativi, dei dati geotecnici disponibili e del grado di omogeneità del terreno.

I pali soggetti a prova di carico assiale potranno, a discrezione della Direzione Lavori, essere sottoposti anche a prova di ammettenza meccanica per valutare, tramite correlazione, la capacità portante statica di pali soggetti solo a prove dinamiche; la prova di ammettenza meccanica non è prevista per i micropali.

Le caratteristiche dei pali o micropali di prova (lunghezza, diametro, modalità esecutive, caratteristiche dei materiali, ecc.) dovranno essere del tutto simili a quelle dei pali o micropali dimensionati in fase di progetto.

Tutte le prove di carico dovranno essere studiate dal progettista strutturale incaricato dall’Impresa appaltatrice; il progetto delle prove di carico dovrà essere concordato ed approvato dalla Direzione dei Lavori prima della loro esecuzione. Per l’organizzazione delle prove l’Impresa dovrà avvalersi di un Laboratorio specializzato che fornirà tutta la tecnologia necessaria alle misure e test previsti nel progetto delle prove comprese le schede di rilevamento dei dati che dovranno essere assunti in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

In Appendice vengono esplicitate le metodologie di conduzione delle prove di carico sopra individuate.



### 6.3 NORME GENERALI

Resta stabilito, innanzitutto, che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto magnetico e da tradurre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, effettuate in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.
- I lavori, invece, da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto il corrispettivo da accreditare negli S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

### 6.4 CRITERI DI MISURA

#### 6.4.1 PALI

La lunghezza dei pali prefabbricati, ai fini della valutazione, comprende anche la parte appuntita; per la misura del diametro, si assume quello delle sezioni a metà lunghezza.

Quando, stabilita la lunghezza dei pali da adottare, il palo avesse raggiunto la capacità portante prima che la testa sia giunta alla quota stabilita, il palo verrà reciso, a cura e spese dell'Impresa, ma nella valutazione verrà tenuto conto della sua lunghezza originaria.

Nel prezzo a metro sono comprese, oltre la fornitura del palo, anche la fornitura e applicazione della puntazza in ferro e della ghiera in testa, la posa in opera a mezzo di idonei battipali, tutta l'attrezzatura, la mano d'opera occorrente e le prove di carico da eseguire con le modalità e gli oneri previsti dal presente CSA.

Per i pali in c.a. costruiti fuori opera, ferme restando le suddette norme per la loro valutazione e messa in opera, si precisa che il prezzo comprende, oltre la fornitura, l'armatura metallica, la puntazza metallica robustamente ancorata al calcestruzzo, le cerchiature di ferro, i prismi in legno a difesa della testata e le prove di carico da eseguire con le modalità e gli oneri previsti nel presente CSA.

La lunghezza per tutti i pali costruiti in opera, compresi i pali trivellati, sarà quella determinata dalla quota di posa del plinto (riportata in prossimità dell'opera con apposita modina esterna riferita ad opportuni capisaldi topografici) alla quota di fondo palo (ricavata con la classica strumentazione topografica).

La lunghezza dei pali dovrà essere accertata in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Appaltatore con stesura di apposito verbale di misurazione al termine della fase di perforazione.



Qualora dovessero riscontrarsi lunghezze superiori rispetto a quelle previste in progetto e non autorizzate dal D.L., la parte di palo eccedente non verrà riconosciuta all'appaltatore. Qualora dovessero riscontrarsi lunghezze inferiori rispetto a quelle di progetto, il Direttore dei lavori, una volta accertato che la minore quantità eseguita non pregiudica l'accettabilità dell'opera, effettuerà la detrazione contabile delle quantità non realizzate.

Nei relativi prezzi di Elenco si intendono compresi e compensati:

- l'infissione del tuboforma, la fornitura del calcestruzzo, il suo getto e costipamento con mezzi idonei, la formazione di eventuali bulbi di base ed espansioni laterali, il ritiro graduale del tuboforma, gli esaurimenti d'acqua, l'eventuale impiego di scalpello, la rasatura e la sistemazione delle teste per l'ammorsamento nei plinti/cordoli/ecc, l'eventuale foratura a vuoto del terreno, la posa in opera, ove occorre, di un'idonea controcamicia di lamierino per il contenimento del getto nella parte in acqua, le prove di carico che saranno ordinate dalla Direzione dei Lavori con le modalità e gli oneri previsti dal seguente capitolato; esclusa l'eventuale fornitura e posa in opera dell'armatura metallica che verrà compensata con il relativo prezzo di Elenco.

Nei prezzi di tutti i pali eseguiti in opera, sia di piccolo che di grande diametro, è sempre compreso l'onere dell'estrazione e del trasporto a rifiuto delle materie provenienti dall'escavazione del foro entro la distanza di 5 km dal confine del lotto in direzione della discarica.

## **6.5 NON CONFORMITÀ**

La Direzione dei Lavori, sulla scorta dei controlli e delle prove eseguite sulle singole lavorazioni, così come sopra descritte, provvederà, in caso di esito negativo, ad aprire delle non conformità rendendone edotto l'appaltatore.

La risoluzione delle non conformità, che coinvolgerà sempre anche il progettista nel caso di opere strutturalmente rilevanti, dovrà essere proposta dall'appaltatore e concordata con la Direzione dei Lavori. A insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, potranno essere comminate penalizzazioni economiche sulle lavorazioni oggetto di non conformità.

## **6.6 COLLAUDO**

La competenza del collaudo tecnico delle strutture in c.a. viene in generale attribuita dalla legge al Collaudatore Statico. La norma (N.T.C. 2018) prevede che il Collaudatore Statico, è tenuto a controllare che siano state messe in atto tutte le prescrizioni progettuali e siano stati eseguiti tutti i controlli sperimentali contemplati dalla legge e dal contratto di appalto.

In particolare, il Collaudatore statico dovrà eseguire un controllo sui verbali e sui risultati delle prove di carico ordinate dal Direttore dei lavori su componenti strutturali e/o sull'opera complessiva.

Conseguentemente, nel caso delle sottofondazioni che stiamo trattando nel presente capitolato, il Direttore dei lavori sarà tenuto, oltre che ad effettuare e registrare puntualmente tutti i controlli e prove precedentemente indicati, a tenere informato il Collaudatore statico soprattutto in merito alla programmazione ed esecuzione delle prove di carico sia in caso di prove di progetto sia in caso di prove di verifica.

## **6.7 MANUTENZIONE**

Come già più volte ripetuto, le strutture analizzate nel presente capitolato permettono alle strutture sovrastanti (ponti, viadotti, muri, etc.) di trasmettere i carichi in profondità nel terreno di fondazione verso strati più resistenti.

Ovviamente non può ipotizzarsi una manutenzione diretta di tali strutture interrato; occorrerà quindi valutare, nel corso delle verifiche periodiche previste dal piano di manutenzione delle strutture in elevazione sovrastanti, se le medesime presentino lesioni e/o dissesti direttamente riconducibili a fenomeni correlati alle fondazioni profonde (rotazioni, cedimenti, etc.); in tal caso si dovrà procedere con indagini mirate ad accertare le cause del cedimento.

## **6.8 NORMATIVE E RIFERIMENTI**

I lavori saranno eseguiti in accordo, ma non limitatamente, alle seguenti normative:

- DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»
- Circolare 02 Febbraio 2009 n.617/C.S.LL.PP.
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici 11/03/1988.



COMUNE DI  
TARANTO  
Direzione Ambiente  
Salute Qualità della  
Vita

“PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER LA REALIZZAZIONE DEI LAVORI DI MESSA IN SICUREZZA E DI RECUPERO AMBIENTALE DELLA SCARPATA DEL LUNGOMARE VITTORIO EMANUELE III”

- Circolare LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988;
- Norme UNI di riferimento
- ASTM D1143-81 "Standard Test Method for piles under static and compressive load".
- DIN 4150
- Associazione Geotecnica Italiana, Raccomandazioni sui pali di fondazione, Dic. 1984



## 7 OPERE IN VERDE

### 7.1 MATERIALE VEGETALE

Il materiale vegetale dovrà provenire da ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18.6.1931 n. 987 e 22.5.1973 n. 269 e successive modificazioni e integrazioni. L'Impresa dovrà dichiararne la provenienza al Direttore Lavori.

Le caratteristiche richieste per il materiale vegetale e di seguito riportate tengono conto anche di quanto definito dallo standard qualitativo adottato dalle normative Europee in materia.

Le piante dovranno essere esenti da residui di fitofarmaci, attacchi di insetti, malattie crittogamiche, virus o altri patogeni, deformazioni e alterazioni di qualsiasi natura che ne possano compromettere il rigoglioso sviluppo vegetativo e/o il portamento tipico della specie.

L'Impresa dovrà far pervenire al Direttore Lavori, con almeno 48 ore di anticipo, comunicazione scritta della data nella quale le piante verranno consegnate al cantiere.

Durante il trasporto di tutto il materiale vegetale, l'Impresa dovrà prendere tutte le precauzioni necessarie affinché questo arrivi sul luogo della sistemazione nelle migliori condizioni possibili, curando che il trasferimento venga effettuato con mezzi, protezioni e modalità di carico idonei. Particolare attenzione sarà posta affinché rami e corteccia non subiscano danni e le zolle non abbiano a frantumarsi o ad essiccarsi a causa dei sobbalzi, dell'eccessiva esposizione o per il peso del carico del materiale soprastante.

Una volta giunte a destinazione, tutte le piante dovranno essere trattate in modo che sia evitato loro ogni danno (meccanico e/o fisiologico); il tempo intercorrente tra il prelievo in vivaio e la messa a dimora definitiva (o la sistemazione in vivaio provvisorio) dovrà essere al max di 48 ore.

Non è consentita la sostituzione di piante che l'Impresa non riuscisse a reperire; ove tuttavia dimostrato che una o più specie non siano reperibili, l'Impresa potrà proporre la sostituzione con piante simili che dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori.

Nella messa a dimora delle piante è opportuno considerare le distanze necessarie per far sì che le stesse non costituiscono ostacolo isolato da proteggere.

#### 7.1.1 Sementi

L'Impresa dovrà fornire sementi selezionate e rispondenti esattamente a genere, specie e varietà richieste.

L'eventuale mescolanza delle sementi di diverse specie (in particolare per tappeti erbosi) dovrà rispettare le percentuali richieste.

Nella tabella che segue è riportata la composizione di cinque miscugli da impiegare a seconda delle caratteristiche dei terreni e delle particolari condizioni climatiche e/o ambientali.

Tabella 1: **Miscuglio di sementi utilizzabili**

Specie	Tipo di Miscuglio				
	A	B	C	D	E
	Kg di seme per ettaro				
<b>Lolium Italicum</b>	-	38	23	50	-
<b>Lolium Perenne</b>	-	38	23	50	-
<b>Arrhenatherum Elatius</b>	50	-	-	-	33
<b>Dactylis Glomerata</b>	5	42	23	20	-
<b>Trisetum Plavescens</b>	12	8	5	-	-
<b>Festuca Pratensis</b>	-	-	47	33	-
<b>Festuca Rubra</b>	17	12	15	10	-
<b>Festuca Ovina</b>	-	-	-	-	10





<b>Festuca Heterophylla</b>	-	-	-	-	15
<b>Phleum Pratense</b>	-	12	12	20	-
<b>Alopecurus Fratensis</b>	-	20	18	26	-
<b>Cynosurus Cristatus</b>	-	-	-	-	5
<b>Poa Pratensis</b>	5	38	30	7	3
<b>Agrostis Alba</b>	-	10	7	7	-
<b>Antoxanthum odoratum</b>	-	-	-	-	2
<b>Bromus Erectus</b>	-	-	-	-	25
<b>Bromus Inermis</b>	66	-	-	-	20
<b>Trifolium Pratense</b>	13	8	10	7	-
<b>Trifolium Repens</b>	-	12	7	-	-
<b>Trifolium Hibridum</b>	-	-	-	10	-
<b>Medicago Lupulina</b>	5	-	-	-	10
<b>Onobrychis Sativa</b>	-	-	-	-	67
<b>Antillis Vulneraria</b>	17	-	-	-	5
<b>Lotus Corniculatus</b>	10	-	3	10	5
<b>Sommano Kg</b>	200	200	200	200	200

Di seguito si riporta lo schema della compatibilità dei miscugli con i vari tipi di terreno.

Tabella 2: Associazione della tipologia dei miscugli alle caratteristiche dei terreni

<b>Tipo di Miscuglio</b>	<b>Caratteristiche dei Terreni</b>
Miscuglio A	Terreni di natura calcarea, piuttosto sciolti anche con scheletro grossolano;
Miscuglio B	Terreni di medio impasto, tendenti al leggero, fertili;
Miscuglio C	Terreni di medio impasto, argillo-silicei, fertili;
Miscuglio D	Terreni pesanti, argillosi, piuttosto freschi
Miscuglio E	Terreni di medio impasto, in clima caldo e secco

Tutto il materiale di cui sopra dovrà essere fornito in contenitori sigillati e muniti della certificazione del CRA-SCS (Consiglio per la ricerca e la sperimentazione in agricoltura - Centro di sperimentazione e certificazione delle sementi) ex E.N.S.E. (Ente Nazionale Sementi Elette).

Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi le sementi dovranno essere immagazzinate in locali freschi e privi di umidità.



larghezza: 69 mm  
altezza: 112 mm

### 7.1.2 *Piante bulbose, tuberose e rizomatose*

Le piante che saranno consegnate sotto forma di bulbi o di tuberi dovranno essere sempre della dimensione richiesta (diametro o circonferenza), mentre quelle sotto forma di rizoma dovranno presentare almeno tre gemme. I bulbi, i tuberi e i rizomi dovranno essere sani, turgidi, ben conservati ed in stasi vegetativa.

### 7.1.3 *Piante erbacee annuali, biennali e perenni da fiore*

Le piante erbacee, annuali, biennali e perenni, dovranno essere sempre fornite nel contenitore in cui sono state coltivate ed essere idonee alla realizzazione di decori a mosaicoltura di pronto effetto. Tutto il materiale consegnato avrà la zolla ben formata all'interno del vasetto di coltivazione evitando piantine lesionate o non sufficientemente radicate.

### 7.1.4 *Piante rampicanti, tappezzanti, sarmentose e ricadenti*

Le piante appartenenti a queste specie dovranno avere almeno due forti getti, essere dell'altezza richiesta (dal colletto all'apice vegetativo più lungo) ed essere sempre fornite in zolla o in contenitore.

Le piante tappezzanti dovranno avere portamento basso e/o strisciante (portamento proprio della specie) e buona capacità di copertura, garantita da ramificazioni uniformi.

Il contenitore dovrà essere proporzionato al vigore della pianta; la pianta quindi non dovrà presentare radici avvolgenti né un eccesso di substrato.

### 7.1.5 *Arbusti, Siepi e Cespugli*

Arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, dovranno avere il portamento tipicamente ascrivibile alla specie di appartenenza, dovranno possedere un minimo di cinque ramificazioni alla base e presentarsi dell'altezza prescritta, proporzionata al diametro della chioma e a quello del fusto. La Direzione Lavori si riserva quindi di rifiutare materiale che si presenti “filato”, cresciuto cioè prediligendo l'asse verticale senza o con scarse ramificazioni.

Tutti gli arbusti e i cespugli dovranno essere forniti in contenitore o in zolla. Potranno essere eventualmente consegnati a radice nuda soltanto quelli a foglia decidua, purché di giovane età e di limitate dimensioni.

Il loro apparato radicale dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari. Per le indicazioni riguardanti l'apparato radicale, l'imballo delle zolle, la terra delle zolle e dei contenitori vale quanto esposto nel successivo articolo a proposito degli alberi.



### 7.1.6 ALBERI

Le piante devono essere state allevate per scopo ornamentale, adeguatamente preparate per il trapianto e conformi alle caratteristiche indicate negli elaborati progettuali.

Le piante dovranno corrispondere al genere, specie, varietà, cultivar, portamento, colore del fiore e/o delle foglie richieste: nel caso sia indicata solo la specie si dovrà intendere la varietà o cultivar tipica per la zona, individuata in accordo con la Direzione Lavori.

Le piante dovranno essere esenti da deformazioni, capitozzature, ferite di qualsiasi natura, grosse cicatrici o danni conseguenti a urti, grandine, legature, ustioni da sole, gelo o altro tipo di danno.

Dovranno altresì essere esente da attacchi (in corso o passati) di fitofagi e/o patogeni, prive di deformazioni o alterazioni di qualsiasi natura inclusa la “filatura” (pianta eccessivamente sviluppata verso l’alto).

Le piante dovranno essere state adeguatamente allevate in vivaio con corrette potature di formazione della chioma. Le piante dovranno presentare uno sviluppo sufficiente della vegetazione dell’ultimo anno, sintomo di buone condizioni di allevamento.

Le piante fornite in contenitore devono aver trascorso, nel contenitore di fornitura, almeno una stagione vegetativa e aver sviluppato un apparato radicale abbondante in tutto il volume a disposizione. Non saranno accettate piante con apparato radicale a “spirale” attorno al contenitore o che fuoriesce da esso.

Le piante fornite in zolla dovranno essere ben imballate con un involucro totalmente biodegradabile, rivestito con rete di ferro non zincato a maglia larga. L’apparato radicale dovrà essere ben accestito, ricco di radici secondarie sane e vitali, privo di tagli con diametro superiore a 3 cm. Il terreno che circonda le radici dovrà essere ben aderente e senza crepe.

Le zolle e i contenitori (vasi, mastelli di legno o di plastica, ecc.) dovranno essere proporzionati alle dimensioni delle piante come di seguito riportato:

- 70 cm di diametro per alberi di circonferenza cm 20/25
- 90 cm di diametro per alberi di circonferenza cm 25/30
- 110 cm di diametro per alberi di circonferenza cm 30/40

Gli alberi forniti con zolla dovranno essere stati sottoposti in vivaio a un numero di trapianti come di seguito riportato:

Tabella 3: Numero di trapianti minimi per alberi in zolla

<b>Caducifoglie</b>	circonferenza	cm. 20 25	n. 3 trapianti
<b>Caducifoglie</b>	circonferenza	cm. 30 35	n. 4 trapianti
<b>Sempreverdi</b>	altezza	m. 2 2,5	n. 2 trapianti
<b>Sempreverdi</b>	altezza	m. 3 3,5	n. 3 trapianti
<b>Sempreverdi</b>	altezza	m. 5 6	n. 4 trapianti

Le piante a radice nuda, dovranno essere state estirpate esclusivamente nel periodo di riposo vegetativo (periodo compreso tra la totale perdita di foglie e la schiusura delle prime gemme terminali), e mantenute con i loro apparati radicali sempre adeguatamente coperti in modo da evitarne il disseccamento.

La Direzione Lavori si riserva di esaminare l’apparato radicale per verificare se il materiale vegetale abbia i requisiti richiesti.

Nel caso siano richieste dal progetto piante forestali, queste devono provenire da vivai specializzati posti il più possibile vicino all’area di impianto e ottenute con seme di provenienza locale.

Le piante da utilizzare nei viali o nei filari dovranno essere uniformi nella dimensione, forma della chioma e portamento.

L’Appaltatore deve comunicare anticipatamente alla Direzione Lavori il vivaio/i di provenienza del materiale vegetale. La Direzione Lavori potrà effettuare, insieme all’Appaltatore, visite ai vivaio/i di provenienza per scegliere le singole piante, riservandosi la facoltà di scartare, a proprio insindacabile giudizio, quelle non rispondenti alle caratteristiche indicate negli elaborati progettuali in quanto non conformi ai requisiti fisiologici, fitosanitari ed estetici richiesti o che non ritenga comunque adatte al lavoro da realizzare.



Per la realizzazione delle opere a verde è necessario prevedere l'utilizzo di specie arboree ed arbustive a basso costo, sia di impianto che di manutenzione, preferibilmente di tipo autoctono. Viene di seguito riportato, a solo titolo indicativo, un elenco delle specie di piante associate alle zone fitoclimatiche definite secondo il metodo "Pavari".



Mappa delle zone fitoclimatiche in Italia

- Lauretum caldo
- Lauretum freddo
- Castanetum
- Fagetum
- Pictum
- Alpinetum

Tabella 4: Specie arboree e arbustive associate alle zone fitoclimatiche

Zona fitoclimatica	Zona geografica	Limite inf. (m s.l.m.)	Limite sup. (m s.l.m.)	Specie
<b>LAURETUM CALDO</b>	Italia	0	600-800	Acer pseudoplatanus (acero montano)
	centromeridionale Zone costiere			Pinus halepensis (pino d'Aleppo)
<b>LAURETUM FREDDO</b>	Italia	0	600-800	Pinus pinaster (pino marittimo)
	Centromeridionale Zone interne			Pinus pinea (pino domestico)



					(pino d'Aleppo)
					Pinus pinea
					(pino domestico)
					Pinus pinaster
					(pino marittimo)
					Quercus ilex
					(leccio)
					Eucalyptus sp.
					(eucalipto)
					Cedrus Atlantica
					(cedro dell'atlante)
					Cedrus deodara
					(cedro dell'himalya)
					Olea Europea
					(olivo)
					Acer pseudoplatanus
					(acero montano)
					Acer Saccharinum
					(acero saccarino)
					Carpinus betulus
					(carpino bianco)
					Quercus robur
					(farnia)
					Chamaecyparis lawsoniana
					(cipresso di Lawson)
<b>CASTANETU</b>	Italia settentrionale	0	800-900		Cupressociparis leylandii
<b>M</b>					(cipresso di Leyland)
					Populus nigra pyramidalis
					(pioppo nero)
					Quercus Robur
					(quercia)
					Pinus Nigra/Austiaca
					(pino nero)
					Cedrus Atlantica
					(cedro dell'atlante)
					Cedrus deodara



				(cedro dell'himalaya) Tilia Hybrida Argentea (tiglio argentato)
<b>FAGETUM</b>	Italia setentrionale	800-900	1.000-1.300	Acer pseudoplatanus (acero montano) Carpinus betulus (carpino bianco) Fagus Sylvatica (faggio)
	Italia centromeridionale	1.000-1.300	2.000	Pinus Nigra/Austriaca (pino nero) Tilia Hybrida Argentea (tiglio argentato)
<b>PINETUM</b>	Italia setentrionale	1.000-1.300	2.000	Picea Abies Excelsa (abete rosso) Pinus Silvestris (pino silvestre)
	<b>ALPINETUM</b>	Italia setentrionale	2.000	Limite della vegetazione
				Picea Abies Excelsa (abete rosso)

### 7.1.7 Tappeto Erboso in Zolle

Nel caso in cui per esigenze della sistemazione fosse richiesto il rapido inerbimento delle superfici a tappeto erboso ("pronto effetto") oppure si intendesse procedere alla costituzione del tappeto erboso per "propagazione" di essenze stolonifere, l'Impresa dovrà fornire zolle e/o strisce erbose costituite con le specie prative richieste.

Prima di procedere alla fornitura, l'Impresa dovrà sottoporre all'approvazione del Direttore Lavori campioni del materiale che intende fornire; analogamente, fosse richiesta la cotica naturale, l'Impresa dovrà prelevare le zolle soltanto dai luoghi approvati dal Direttore Lavori.

Dovrà essere nota e certificata dal produttore la composizione del miscuglio adottato, la zona di produzione ed il tipo di terreno di coltivazione.

Le zolle erbose, a seconda delle esigenze, delle richieste e delle specie che costituiscono il prato, verranno di norma fornite in forme regolari rettangolari, quadrate o a strisce con 2/4 cm di spessore.

Al fine di non spezzarne la compattezza, le strisce dovranno essere consegnate arrotolate, mentre le zolle dovranno essere fornite su "pallet".

Tutto il materiale, di qualunque tipo sia, al fine di evitare danni irreparabili dovuti alla fermentazione ed alla mancata esposizione alla luce, non dovrà essere lasciato accatastato o arrotolato per più del tempo prescritto dal Direttore dei Lavori in relazione anche alla stagione e all'andamento climatico.

## 7.2 MATERIALE DI CONSUMO

Per materiale di consumo si intende tutto il materiale usato negli specifici lavori agrari, forestali, di vivaismo e giardinaggio (es. terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori, ecc.), necessario alla corretta esecuzione del servizio.

### 7.2.1 Terra di coltura

Il terreno vegetale dovrà avere caratteristiche fisiche e chimiche atte a garantire un sicuro attecchimento e sviluppo di colture erbacee, arbustive od arboree.



Dovrà risultare di reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto, privo di pietre, ciottoli, detriti, radici, erbe infestanti.

Dovrà provenire da scotico di terreno a destinazione agraria, fino alla profondità massima di un metro.

Qualora il prelievo venga fatto da terreni non coltivati, la profondità di prelievo dovrà essere contenuta allo strato esplorato dalle radici delle specie erbacee presenti ed in ogni caso non dovrà superare il mezzo metro.

L'impresa prima di effettuare il riporto della terra di coltivo dovrà accertarne la qualità tramite analisi fisico - chimica per sottoporla all'approvazione del Direttore Lavori. Le analisi dovranno essere eseguite, salvo quanto diversamente disposto dal presente Capitolato, secondo i metodi ed i parametri normalizzati di analisi del suolo, pubblicati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo (S.I.S.S.).

La terra di coltivo (buon terreno agrario) riportata dovrà essere priva di pietre, rami, radici e loro parti, che possano ostacolare le lavorazioni agronomiche del terreno dopo la posa in opera.

NOTA A titolo indicativo, si riportano di seguito alcune caratteristiche di riferimento di un buon terreno agrario.

Tabella 5: Caratteristiche di riferimento di un buon terreno agrario

scheletro (particelle > 2 mm.)	< 10% in volume
limo	< 40% in volume
argilla	< 20% in volume
pH	compreso fra 6 - 8
conduttività elettrica	< 2.0 mS/cm
sostanza organica	> 2,0% in peso secco
cotico	assente
calcare totale	< 25%
calcare attivo	< 3,5%

La terra di coltivo dovrà essere priva di agenti patogeni, di semi infestanti e di sostanze tossiche per le piante.

### 7.2.2 Substrati di coltivazione

Con substrati di coltivazione si intendono materiali di origine minerale e/o vegetale utilizzati singolarmente o miscelati in proporzioni note per impieghi particolari e per ottenere un ambiente di crescita adatto alle diverse specie che si vogliono mettere a dimora.

Per i substrati imballati le confezioni dovranno riportare quantità, tipo e caratteristiche del contenuto.

In mancanza delle suddette indicazioni sulle confezioni, o nel caso di substrati non confezionati, l'Impresa dovrà fornire, oltre ai dati sopra indicati, i risultati di analisi realizzate a proprie spese, secondo i metodi normalizzati dalla Società Italiana della Scienza del Suolo – S.I.S.S.

I substrati, una volta pronti per l'impiego, dovranno essere omogenei e i componenti distribuiti in proporzioni costanti all'interno della massa ottenuta.

I substrati non confezionati o privi delle indicazioni sopra citate sulla confezione, potranno contenere anche altri componenti, in proporzioni note, tutti chiaramente specificati.

### 7.2.3 Fertilizzanti, Concimi, Ammendanti, Correttivi, Compost

Questi materiali dovranno essere forniti negli involucri originali dotati delle etichette previste indicanti, tra l'altro, il produttore, il paese di provenienza e la composizione chimica secondo quanto previsto dalla legislazione vigente: D.Lgs. 29/04/2006, nr. 217 e s.m.i.



In ogni caso tutti i prodotti sopra riportati dovranno riportare in etichetta il loro utilizzo per le piante ornamentali e i tappeti erbosi.

Le diverse e più comuni tipologie di prodotto sono:

- Concimi: concimi semplici, concimi complessi a lenta cessione o a cessione programmata. In casi particolari possono essere utili concimi specifici con microelementi (Ferro, Manganese, ecc.) in forma chelata. Quando possibile sono da preferire i concimi organici o misto organici.
- Ammendanti derivanti da deiezioni animali: devono derivare unicamente da letami umificati con lettiera di bovino o equino.
- Ammendanti di altro tipo: ad es. derivanti da scarti di animali idrolizzati, ricco di proteine, amminoacidi, acidi umici e fulvici e fosforo.
- Torbe

Può essere utilizzato anche il compost, il cui uso però deve essere comunicato alla Direzione Lavori. In ogni caso il compost deve essere munito di analisi chimico-fisiche che ne attestino la conformità a quanto stabilito dalla legislazione vigente, con particolare riferimento all'assenza di sostanze inquinanti e/o tossiche.

#### **7.2.4 Prodotti fitosanitari**

In linea con il Decreto 22 Gennaio 2014, di adozione del Piano di azione nazionale per l'uso sostenibile dei prodotti fitosanitari, è opportuno, per quanto possibile, ridurre e/o eliminare l'uso dei prodotti fitosanitari attraverso l'utilizzo di metodi alternativi.

Pertanto sono vietati i prodotti fitosanitari che contengono sostanze classificate per la cancerogenesi, la mutagenesi e la tossicità riproduttiva.

Sono vietati i prodotti fitosanitari che riportano in etichetta frasi di precauzione SPe1, SPe2, SPe3, SPe4 e/o frasi di rischio R40, R42, R43, R45, R60, R61, R62, R63, R64, R68.

E' vietato effettuare trattamenti con insetticidi e acaricidi sulle alberature stradali durante la fase fenologica della fioritura.

#### **7.2.5 Pali di Sostegno, Ancoraggi e Legature**

L'Impresa dovrà fornire tutori adeguati per numero, diametro ed altezza alle dimensioni degli alberi e degli arbusti da ancorare.

I pali tutori dovranno essere di Pino silvestre (o altro materiale idoneo allo scopo), diritti, scortecciati, appuntiti dalla parte della estremità di maggiore diametro. La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile per un'altezza di 100 cm circa, in alternativa, si potrà fare uso di pali di legno industrialmente preimpregnati di sostanze imputrescibili.

Analoghe caratteristiche di imputrescibilità dovranno avere anche i picchetti di legno per l'eventuale bloccaggio a terra dei tutori ed ogni legname da usarsi nelle lavorazioni.

Le legature dovranno rendere solidali le piante ai pali di sostegno e agli ancoraggi, pur consentendone l'eventuale assestamento; al fine di non provocare strozzature al tronco, dovranno essere realizzate per mezzo di collari speciali o di adatto materiale elastico (es. cinture di gomma, nastri di plastica, ecc.) mai filo di ferro o altro materiale inestensibile. Per evitare danni alla corteccia, potrà essere necessario interporre, fra tutore e tronco, un cuscinetto antifrizione di adatto materiale.

In alternativa ai pali tutori, su richiesta ed approvazione del Direttore Lavori, dovranno essere utilizzati ancoraggi interrati della zolla, da effettuarsi con appositi kit.





### **7.2.6 Acqua per irrigazione**

L'acqua da impiegare per l'irrigazione non dovrà contenere sostanze inquinanti o nocive, dovrà presentare valori di salinità contenuta ( $EC < 0,75 \text{ dS/m}$  a  $25^\circ\text{C}$ ) e pH compreso tra 6 e 7,8.

Le acque con un elevato quantitativo di sostanze in sospensione dovranno essere filtrate opportunamente, per evitare l'intasamento e l'usura degli impianti irrigui.

### **7.2.7 Materiale per irrigazione**

Tutte le parti idrauliche ed elettriche utilizzate nella realizzazione degli impianti irrigui devono essere compatibili tra loro, sia come materiale che come tipologie. Particolare attenzione andrà riposta nella posa in opera dei raccordi idraulici, nel posizionamento degli irrigatori e nell'isolamento dei pozzetti che non dovranno contenere terra o fango sul fondo.

Tutti i materiali dovranno essere muniti delle schede tecniche ed eventuali certificazioni.

### **7.2.8 Materiale di rivestimento scarpate: Georete, Biostuoie, Stuoie sintetiche, ecc**

Per georete si intende una rete di juta fornita in rotoli con lunghezza ed altezza variabile a maglia intrecciata con spessore e grammatura variabile in base allo scopo prefissato.

Per biostuoie si intendono stuoie in fibra vegetale (paglia, cocco, miste) di peso non inferiore a  $250 \text{ g/mq}$ , supportate da una rete fotossidabile biodegradabile con maglia minima  $1 \times 1 \text{ cm}$ , eventualmente preseminate.

Per stuoie sintetiche si intendono geostuoie sintetiche tridimensionali in nylon, polipropilene, polietilene e polietilene ad alta densità, di spessore minimo  $10 \text{ mm}$ .

Tutti i materiali di cui sopra dovranno essere fissati al substrato mediante picchetti di varia forma e tipo adatti allo scopo.

## **7.3 LAVORAZIONI**

### **7.3.1 Fresatura e Sarchiatura**

La lavorazione potrà avere profondità di lavoro da  $\text{cm. } 5/8$  a  $\text{cm. } 15/20$ . L'intervento dovrà sminuzzare accuratamente il terreno in superficie, anche per assicurare una buona penetrazione delle acque meteoriche.

Potrà essere necessario procedere a una o più passate fino ad ottenere un omogeneo sminuzzamento delle zolle e completa estirpazione delle infestanti.

Intorno agli alberi, arbusti, manufatti recinzioni, siepi, impianti irrigui, il lavoro dovrà ovviamente completarsi a mano.

### **7.3.2 Sistemazione delle scarpate**

Le scarpate in rilevato od in scavo ed in genere tutte le aree destinate a verde, dovranno essere rivestite con manto vegetale appena ultimata la loro sistemazione superficiale.

Eventuali erosioni, solcature, buche od altre imperfezioni dovranno essere riprese con terreno agrario, riprofilando le superfici secondo le pendenze di progetto; dovrà essere curata in modo particolare la conservazione ed eventualmente la sistemazione delle banchine dei rilevati.

Tutte le superfici dovranno presentarsi perfettamente regolari, eliminando anche eventuali tracce di pedonamento.

Il rivestimento di scarpate in rilevato ed in trincea, dovrà essere eseguito mediante semina, rimboschimento o ricopertura con materiali idonei.

Dopo la regolarizzazione e l'eventuale riprofilatura, le scarpate dovranno essere preparate per il rivestimento mediante una erpicatura poco profonda, eseguita con andamento climatico favorevole e con terreno in tempera ( $40-50 \%$  della capacità totale per l'acqua).

In questa fase, l'Impresa dovrà avere cura di portare a compimento tutte quelle opere di regolazione idraulica prevista in progetto, che rappresentano il presidio e la salvaguardia delle scarpate.



Sulle scarpate in scavo, oltre alla regolarizzazione delle superfici, dovranno eventualmente essere predisposte buche in caso di rimboschimento con semenzali o impianti di talee.

### **7.3.3 Preparazione buche e fossi**

Prima di effettuare qualsiasi scavo, l'impresa è tenuta ad effettuare le necessarie indagini conoscitive sui sottoservizi. Qualsiasi responsabilità per danni causati sarà a totale carico dell'impresa.

Le buche ed i fossi per la piantagione delle specie vegetali dovranno avere le dimensioni più ampie possibili in rapporto alla grandezza delle piante da mettere a dimora.

In linea di massima le buche devono risultare larghe e profonde almeno una volta e mezzo rispetto alle dimensioni dell'apparato radicale o della zolla.

Nell'apertura di buche di impianto vegetali, è vietato l'uso di trivelle ed è inoltre opportuno smuovere il terreno lungo le pareti e sul fondo per evitare l'effetto vaso.

Per le piante a radice nuda l'accorciamento delle radici deve limitarsi solo all'asporto delle parti danneggiate e non deve essere effettuato per adattare l'apparato radicale al volume di buche troppo piccole.

Per le buche e i fossi che dovranno essere realizzati su un eventuale preesistente tappeto erboso, l'Impresa è tenuta ad adottare tutti gli accorgimenti necessari per contenere al minimo i danni al prato circostante, recuperando lo strato superficiale di terreno per il riempimento delle buche stesse.

Il materiale proveniente dagli scavi, se non riutilizzato o non ritenuto idoneo, dovrà essere allontanato dall'Impresa dalla sede del cantiere e portato alla pubblica discarica.

Nella preparazione delle buche e dei fossi, l'Impresa dovrà assicurarsi che nella zona in cui le piante svilupperanno le radici non ci siano ristagni di umidità e provvedere affinché lo scolo delle acque superficiali avvenga in modo corretto.

Nel caso, invece, fossero riscontrati gravi problemi di ristagno l'Impresa provvederà a predisporre idonei drenaggi.

### **7.3.4 Preparazione del terreno per impianto di Alberi e Arbusti**

La messa a dimora di alberi, arbusti e cespugli dovrà avvenire in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto oppure risultino, una volta assestatosi il terreno, interrate oltre il livello del colletto. L'imballo della zolla dovrà essere rimosso. La zolla deve essere integra, sufficientemente umida, aderente alle radici; se si presenta troppo asciutta dovrà essere immersa temporaneamente in acqua con tutto l'imballo. Analogamente si dovrà procedere per le piante fornite in contenitore. Per le piante a radice nuda parte dell'apparato radicale dovrà essere, ove occorra, spuntato alle estremità delle radici, privato di quelle rotte o danneggiate.

Le piante dovranno essere collocate ed orientate in modo da ottenere il miglior risultato estetico e tecnico in relazione agli scopi della sistemazione.

Prima del riempimento definitivo delle buche, gli alberi, gli arbusti ed i cespugli di rilevanti dimensioni dovranno essere resi stabili per mezzo di pali tutori, ancoraggi e legature. L'Impresa procederà poi al riempimento definitivo delle buche con terra di coltivo o substrato, costipando i materiali con cura in modo che non rimangano vuoti attorno alle radici o alla zolla.

Il riempimento delle buche, sia quello parziale prima della piantagione, sia quello definitivo, potrà essere effettuato, a seconda delle necessità, con terra di coltivo semplice oppure miscelata a torba.

Nel caso sia previsto che all'atto dell'impianto venga effettuata una concimazione secondaria localizzata, l'Impresa avrà cura di spargere uniformemente il fertilizzante, indicato dalla Direzione Lavori, attorno e vicino alle radici o alle zolle, in modo da evitare danni per disidratazione causata dall'eccesso di salinità.

A riempimento ultimato, attorno alle piante dovrà essere formata una conca o bacino per la ritenzione dell'acqua da addurre subito dopo in quantità abbondante e prescritta dalla Direzione ai Lavori, onde favorire la ripresa della pianta e facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici ed alla zolla.



### **7.3.5 Messa a dimora di piante a foglia caduca fornite a radice nuda**

Le piante a foglia caduca fornite a radice nuda dovranno essere messe a dimora nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie, generalmente durante il riposo vegetativo. L'eventuale potatura della chioma al momento del trapianto deve essere autorizzata dal Direttore Lavori e dovrà seguire rigorosamente le disposizioni impartite, rispettando il portamento naturale e le caratteristiche specifiche delle singole specie. Nel caso fosse necessario agevolare il trapianto, l'Impresa, su indicazione del Direttore Lavori, irrorerà le piante con prodotti antitranspiranti.

### **7.3.6 Messa a dimora di piante sempreverdi e resinose**

Le piante sempreverdi e resinose non devono essere potate al momento della messa a dimora, che avverrà nel periodo adeguato all'attecchimento delle varie specie. Salvo diverse specifiche del Direttore Lavori saranno eliminati soltanto i rami secchi, spezzati o danneggiati. Fatta eccezione per le conifere sempreverdi, in caso di necessità è possibile fare ricorso all'uso di antitranspiranti, secondo le indicazioni del Direttore Lavori.

### **7.3.7 Messa a dimora di piante tappezzanti, erbacee perenni e annuali, rampicanti**

La messa a dimora delle piante tappezzanti, delle erbacee perenni e annuali, delle rampicanti, delle sarmentose e delle ricadenti, deve essere effettuata in buche preparate al momento, in rapporto al diametro dei contenitori delle singole piante. Se le piante vengono fornite in contenitori tradizionali (vasi di terracotta o di plastica, fitocelle, etc.) questi dovranno essere rimossi; se invece in contenitori di materiale deperibile (torba, pasta di cellulosa compressa, o altro) le piante potranno essere messe a dimora con tutto il vaso. In ogni caso le buche dovranno essere poi colmate con terra di coltivo mista a concime ben pressata intorno alle piante. L'Impresa è tenuta a completare la piantagione delle specie rampicanti, sarmentose e ricadenti, legandone i getti, ove necessario, alle apposite strutture di sostegno in modo da guidarne lo sviluppo per ottenere i migliori risultati in relazione agli scopi della sistemazione.

### **7.3.8 trapianti**

Il trapianto di piante esistenti nelle aree d'intervento avviene in due fasi fondamentali: una fase di espianto ed una fase di impianto.

Il periodo più idoneo per procedere all'espianto corrisponde con la fase del riposo vegetativo delle piante e comunque, secondo le buone pratiche vivaistiche, preferibilmente prima dell'inverno, fanno eccezione le piante sempreverdi, le conifere e alcune piante spoglianti più sensibili (Faggio, Querce, Oleandro, Olivo, Leccio ecc.) che vanno trapiantate alla fine del periodo invernale, immediatamente prima della ripresa vegetativa.

Se possibile e per piante di grandi dimensioni l'espianto andrebbe preceduto da una parziale zollatura preparatoria eseguita negli anni precedenti.

La zolla della pianta espantata deve avere una dimensione adeguata (vedi punto 2.7), eseguita con macchina operatrice specifica (zollatrice) oppure, per piante di grandi dimensioni, eseguita con escavatore e rifinita a mano e con tagli netti delle radici. Essa dovrà essere avvolta da telo di juta e rete metallica per mantenere compatto l'insieme radici-terreno prima di essere spostata.

Solo se previsto dal progetto o indicato dalla Direzione Lavori all'espianto potrà seguire il ridimensionamento della chioma mediante potatura eseguita con adeguati tagli di ritorno e di diradamento.

Per la fase d'impianto si fa riferimento a quanto indicato negli articoli riferiti alla “Messa a dimora delle piante”, esso dovrà comunque avvenire nei tempi più brevi possibili.

Le piante trapiantate dovranno essere considerate alla stregua dei nuovi impianti e seguite con maggiore cura durante tutto il cantiere onde evitare stress idrici o altri danneggiamenti di qualsiasi genere.

### **7.3.9 Protezione delle piante esistenti da conservare**

Le piante che le tavole di progetto indicano da mantenere dovranno essere opportunamente contrassegnate dall'Appaltatore prima dell'inizio lavori. Nel caso di operazioni da eseguirsi con macchine operatrici o attrezzature pesanti nelle vicinanze degli alberi l'Appaltatore dovrà porre la massima attenzione al fine di evitare danneggiamenti al tronco e/o



alle branche. Nel caso del protrarsi delle operazioni, o su richiesta della Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere a realizzare un'apposita protezione per i tronchi con tavole in legno saldamente legate al tronco e di altezza consona allo scopo. Analogamente a quanto previsto per le piante arboree, particolare attenzione dovrà essere posta per non danneggiare gli arbusti e le piante erbacee esistenti e da conservare. In particolare, andrà di norma evitato il calpestamento, dovuto al passaggio dei mezzi meccanici e degli addetti ai lavori, delle zone da salvaguardare nonché il deposito, anche se temporaneo, di materiale pesante e/o "potenzialmente inquinante" sulle stesse. Al fine di non compromettere o danneggiare gli apparati radicali l'Appaltatore dovrà porre particolare attenzione a tutte le operazioni che comportano degli scavi o altre operazioni potenzialmente pericolose nelle vicinanze delle piante da salvaguardare.

A tale scopo si definisce Area di Protezione Radicale (APR) un'area circolare attorno alla pianta da assoggettare a particolare tutela; se non diversamente specificato negli elaborati di progetto la APR corrisponde:

- Per specie con altezza a maturità > 18 m: area circolare di raggio 6 m
- Per specie con altezza a maturità 12-18 m: area circolare di raggio 4 m
- Per specie con altezza a maturità < 12 m: area circolare di raggio 2 m

Nella APR, come sopra definita, sono in generale vietati tutti gli interventi che possono causare deperimento o morte della pianta quali impermeabilizzazione del suolo, passaggio o parcheggio di autoveicoli o mezzi meccanici, deposito di materiali, sversamento di sostanze tossiche o dannose alla pianta (cemento, calce), scavi, sterri e riporti di terreno.

Tutte le operazioni che ricadono all'interno delle APR richiedono la preventiva approvazione da parte della Direzione Lavori.

### **7.3.10 Semine**

Le superfici da rivestire mediante semina, secondo le previsioni di progetto, dovranno essere opportunamente preparate; la concimazione, dovrà essere effettuata in due tempi: all'atto della semina dovranno essere somministrati i concimi fosfatici e potassici; i concimi azotati dovranno essere somministrati a germinazione avvenuta.

Si procederà quindi alla semina di un miscuglio di erbe da prato perenni, con l'impiego di 200 kg di seme per ettaro di superficie.

L'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori la data della semina, affinché possano essere fatti i prelievi dei campioni di seme da sottoporre a prova e per il controllo delle lavorazioni.

L'Impresa è libera di effettuare le operazioni di semina in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme. La semina dovrà essere effettuata a spaglio a più passate per gruppi di semi di volumi e peso quasi uguali, mescolati fra loro e ciascun miscuglio dovrà risultare il più possibile omogeneo.

Lo spandimento del seme dovrà effettuarsi sempre in giornate senza vento.

La ricopertura del seme dovrà essere fatta mediante rastrelli a mano con erpice a sacco.

Dopo la semina, il terreno dovrà essere rullato e l'operazione dovrà essere ripetuta a germinazione avvenuta.

### **7.3.11 Idrosemina**

Dopo che le superfici da rivestire saranno state preparate come descritto in precedenza, l'Impresa procederà al rivestimento mediante idrosemina, impiegando una speciale attrezzatura in grado di effettuare la proiezione a pressione di una miscela di seme, fertilizzante, collante ed acqua.

Tale attrezzatura, composta essenzialmente da un gruppo meccanico erogante, da un miscelatore-agitatore, da pompe, raccordi, manichette, lance, ecc., dovrà essere in grado di effettuare l'idrosemina in modo uniforme su tutte le superfici da rivestire, qualunque sia l'altezza delle scarpate.

I materiali da impiegare dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della Direzione Lavori che disporrà le prove ed i controlli ritenuti opportuni.

I miscugli di seme da spandere, aventi le composizioni nei rapporti di cui alla tabella riportata nel precedente punto 1.4 a seconda dei tipi di terreni da rivestire, saranno impiegati nei quantitativi di 200, 400 e 600 kg/ha, in relazione alle



prescrizioni che la Direzione Lavori impartirà tratto per tratto, riservandosi inoltre di variare la composizione del miscuglio stesso, fermo restando il quantitativo totale di seme.

Dovrà essere impiegato fertilizzante ternario (PKN) a pronta, media e lenta cessione in ragione di 700 kg/ha.

Per il fissaggio della soluzione al terreno e per la protezione del seme, dovranno essere impiegati in alternativa 1200 kg/ha di fibre di cellulosa, oppure 150 kg/ha di collante sintetico, oppure altri materiali variamente composti che proposti dall'Impresa, dovranno essere preventivamente accettati dalla Direzione Lavori.

Si effettuerà l'eventuale aggiunta di essenze forestali alle miscele di sementi, quando previsto in progetto.

Anche per l'idrosemina l'Impresa è libera di effettuare il lavoro in qualsiasi stagione, restando a suo carico le eventuali operazioni di risemina nel caso che la germinazione non avvenga in modo regolare ed uniforme.

### **7.3.12 Formazione di fascinate**

Le formazioni di fascinate dovranno essere eseguite lungo scarpate che presentino inclinazioni non superiori a 45° rispetto all'orizzontale. Dovranno essere disposte in file orizzontali o inclinate (generalmente nello stesso verso) a distanza minima di circa 2 m una dall'altra.

La struttura dovrà essere realizzata impiegando materiale vegetale vivo (astoni e/o verghe) fissate al terreno per mezzo di picchetti, che in taluni casi possono essere costituiti anch'essi da materiale vegetale vivo (talee).

## **7.4 ACCETTAZIONE E CONTROLLI**

### **7.4.1 Accettazione**

Tutto il materiale agrario e forestale (es. terra di coltivo, concimi, torba, pali in legno, tutori, ecc.), il materiale vegetale (es. alberi, arbusti, tappezzanti, sementi, ecc.) e il materiale edile, impiantistico e di arredo (es. pietre, mattoni, legname da costruzione, irrigatori, ecc.) occorrente per lo svolgimento del lavoro, dovrà essere delle migliori qualità, senza difetti.

S'intende che la provenienza sarà liberamente scelta dall'Impresa purché ed a giudizio insindacabile del Direttore Lavori, i materiali siano riconosciuti accettabili. L'impresa è obbligata a notificare in tempo utile al Direttore Lavori la provenienza dei materiali.

L'Impresa dovrà sostituire a sua cura e spese, con altre rispondenti ai requisiti concordati, le eventuali partite non ritenute conformi dal Direttore Lavori.

L'approvazione dei materiali consegnati sul posto non sarà tuttavia considerata come accettazione definitiva: la Direzione Lavori si riserva infatti la facoltà di rifiutare, in qualsiasi momento, quei materiali e quelle provviste che si siano, per qualsiasi causa, alterati dopo l'introduzione nel cantiere, nonché il diritto di farli analizzare, per accertare la loro corrispondenza con i requisiti specificati nel presente Capitolato e dalle norme vigenti. In ogni caso l'Impresa, pur avendo ottenuto l'approvazione dei materiali dal Direttore Lavori, resta totalmente responsabile della buona riuscita delle opere.

### **7.4.2 Controlli**

Tutto il materiale vegetale (alberi, arbusti, piante erbacee, bulbi, rizomi, sementi) dovrà essere etichettato singolarmente o per gruppi omogenei, con cartellini resistenti alle intemperie indicanti in maniera chiara e leggibile la denominazione botanica (Genere, specie, varietà o cultivar) così come definita dal "Codice internazionale di nomenclatura per piante coltivate (CINPC)". Tutte le piante fornite dovranno essere di ottima qualità e conformi agli standard correnti di mercato per le piante "extra" o di "prima scelta".

Dove richiesto dalla normativa vigente il materiale vegetale dovrà essere accompagnato dal "passaporto delle piante".

Il Direttore Lavori si riserva comunque la facoltà di effettuare, contestualmente all'Impresa appaltatrice, visite ai vivai di provenienza allo scopo di scegliere il materiale vegetale; si riserva quindi la facoltà di scartare, anche al momento della piantagione, quelle non rispondenti alle caratteristiche indicate nel presente Capitolato e nell'Elenco Prezzi in quanto non conformi ai requisiti fisiologici e fitosanitari che garantiscano la buona riuscita dell'impianto, o che non ritenga comunque adatte alla sistemazione da realizzare (in particolare perché provenienti da zone fitoclimatiche e/o pedologicamente diverse da quelle locali).



### **7.4.3 Laboratori accreditati**

Per eventuali prove di laboratorio possono essere utilizzati laboratori accreditati dal Servizio Fitosanitario ai sensi del D.M. 14 aprile 1997 e 9 agosto 2000 ai quali è stata riconosciuta l'idoneità a svolgere le analisi fitosanitarie e di rispondenza varietale previste dalla normativa.

## **7.5 MISURAZIONE E CONTABILIZZAZIONE**

### **7.5.1 Norme generali**

Resta stabilito che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da predisporre, in almeno duplice copia su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, eseguite in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Tutto ciò premesso e stabilito, si precisa che:

- I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori, in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori;
- I lavori da compensare "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore e, quindi, confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare nei S.A.L. è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da tale preventivo controllo, effettuato a misura, oltre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite a seguito del Collaudo in corso d'opera.

A completamento avvenuto di tutte le opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo in corso d'opera.

### **7.5.2 Criteri di misura**

#### **7.5.2.1 Sistemazione con terreno coltivato nelle aiuole**

La misurazione della sistemazione con terreno coltivato sarà effettuata secondo la superficie effettiva sistemata e, nel prezzo a metro quadrato, qualunque sia lo spessore del terreno, si intendono compresi e compensati tutti gli oneri previsti nelle presenti Norme Tecniche, relativo a tale categoria di lavoro.

In detto prezzo, è altresì compresa l'eventuale fornitura di idonea terra vegetale proveniente da cava di prestito.

La fornitura di idoneo terreno vegetale sarà computata in base all'effettivo volume, misurato dopo l'assestamento.

#### **7.5.2.2 Lavori di rivestimento vegetale - opere in verde**

Il lavoro comprende:



- Piantagioni: le piantagioni di essenze a portamento strisciante o arbustivo di specie forestali saranno misurate per la loro superficie effettiva di impianto, senza effettuare detrazioni di parti non piantate (testate di tombini), quando la superficie di queste sia inferiore a 3 mq
- Semine, idrosemine e rivestimenti di scarpate saranno computate per le effettive superfici trattate; i relativi articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri attinenti alla preparazione del terreno, alla fornitura di tutti i materiali occorrenti quali: seme, fertilizzanti, materiale per il fissaggio e la protezione del seme, acqua, ecc.; il nolo della speciale attrezzatura di proiezione ed ogni altra prestazione, fornitura ed onere necessario.
- Rivestimento in zolle: la valutazione sarà fatta in base alla superficie effettivamente rivestita e sarà comprensiva delle strutture di ancoraggio
- Vimate: saranno misurate in metro di effettivo sviluppo
- Graticci con fascine verdi: saranno valutati a metro di effettivo sviluppo; nel prezzo di Elenco è compreso l'onere dello scavo del terreno ed il riassetto del materiale nella superficie circostante
- La protezione di scarpate in trincea mediante Georete, Biostuoie o Stuoie Sintetiche saranno computate in base all'effettiva superficie protetta, senza tenere conto delle sovrapposizioni dei teli.

Nei prezzi unitari stabiliti in Elenco sono comprese tutte le forniture e la mano d'opera occorrenti per procedere alla eventuale ripresa di erosioni e solcature, sia prima del piantamento, sia successivamente, nonché la preparazione fisica e chimica del terreno, il piantamento, tutte le successive cure colturali e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Le principali caratteristiche che definiscono gli standard di fornitura delle piante sono:

- Altezza dell'albero: distanza che intercorre fra il colletto e il punto più alto della chioma;
- Altezza di impalcatura: distanza intercorrente fra il colletto e il punto di inserzione al fusto della branca principale più vicina;
- Circonferenza del fusto: misurata ad un metro dal colletto;
- Diametro della chioma: dimensione rilevata in corrispondenza della prima impalcatura per le conifere, a due terzi dell'altezza totale per tutti gli altri alberi.

## 7.6 NON CONFORMITÀ E SANZIONI

L'Appaltatore è tenuto a porre in essere le precauzioni, gli adempimenti, le misure organizzative e gestionali previste dalla normativa in materia ambientale per evitare che nell'esecuzione dei lavori, possano determinarsi violazioni della stessa normativa ambientale, situazioni di inquinamento o di pericolo per l'ambiente e per la salute delle persone.

Per i materiali e le sostanze derivanti da eventuali demolizioni, l'Appaltatore dovrà a propria cura e spese prelevare il materiale stesso non appena tolto d'opera, effettuare il deposito e provvedere al trasporto, smaltimento e/o recupero secondo i modi e le condizioni stabilite dalla normativa vigente.

L'Appaltatore è responsabile di tutti i rifiuti originati dall'attività di cantiere, che dovranno essere gestiti secondo la normativa vigente. La Stazione Appaltante si riserva di verificare in qualsiasi momento il corretto assolvimento degli obblighi di legge in merito alla gestione dei rifiuti.

L'Appaltatore s'impegna a rispettare le prescrizioni e gli adempimenti in materia d'impatto ambientale, sia previste come condizioni di valutazione preliminare, che eventualmente richieste dagli enti preposti in fase di approvazione progettuale.



## **7.7 MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE**

L'appaltatore prima dell'esecuzione delle opere a verde dovrà predisporre un Piano di Mantenimento in cui dovranno essere esplicitate le quantità, le tipologie, le cadenze temporali e le modalità di esecuzione di tutte le operazioni necessarie per il mantenimento degli elementi vivi.

La durata del Piano di Mantenimento dovrà essere pari almeno ad un anno ed in ogni caso dovrà concludersi alla fine del periodo vegetativo fissato al 30 di Settembre.

Tale documento dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori.

L'Appaltatore durante l'esecuzione delle opere e fino all'emissione del certificato di ultimazione dei lavori, che coincide con l'inizio delle operazioni previste dal Piano di Mantenimento e con l'inizio del periodo di garanzia, ha l'onere di mantenere le opere a verde realizzate (piante e prati), in condizioni ottimali provvedendo alla rapida sostituzione delle piante morte o moribonde, alle necessarie irrigazioni, concimazioni, controllo delle infestanti, trattamenti fitosanitari e quant'altro necessario.

Tutti gli interventi di manutenzione sono a completo carico dell'Appaltatore che deve intervenire con tempestività.

### **7.7.1 Inizio degli interventi previsti dal Piano di Mantenimento**

Con l'emissione del Certificato di Ultimazione Lavori l'Appaltatore ha l'obbligo di iniziare gli interventi di manutenzione previsti nel Piano di Mantenimento, secondo le modalità in esso indicate.

### **7.7.2 Verifica degli interventi di manutenzione**

Gli interventi di manutenzione saranno registrati in un apposito registro con modalità da definirsi preventivamente con la Direzione Lavori, il registro dovrà essere aggiornato a cura dell'Appaltatore e tenuto sempre a disposizione della Direzione Lavori. Dopo ogni intervento manutentivo la Direzione Lavori potrà chiedere di eseguire la verifica dei lavori eseguiti in contraddittorio con l'Appaltatore.

### **7.7.3 Principali interventi di manutenzione delle opere a verde**

In appendice sono descritti i principali interventi di manutenzione da eseguire a beneficio delle opere a verde.

## **7.8 GARANZIA DI ATTECCHIMENTO DELLE PIANTE DI NUOVO IMPIANTO**

Ai fini della garanzia, per attecchimento di una pianta di nuovo impianto s'intende la capacità della pianta messa a dimora di sviluppare un'adeguata crescita vegetativa della parte epigea (foglie, germogli e rami) e della parte ipogea (radici) al termine del periodo di manutenzione fissato al 30 di settembre.

Dopo la messa a dimora inizia, infatti, un periodo transitorio particolarmente critico per le piante di nuovo impianto, nel quale presentano una ridotta capacità di adattamento alle condizioni ambientali e climatiche.

In questo periodo lo sviluppo dell'apparato radicale è insufficiente e non equilibrato e non consente alle piante di attingere appieno alle risorse necessarie per un adeguato sviluppo vegetativo. La durata di questo periodo transitorio critico è fortemente variabile (da qualche mese a qualche anno) e dipende da molti fattori, quali la specie, lo stato della pianta messa a dimora (età, dimensione, stato di coltivazione, ecc.), le condizioni pedologiche ed ambientali dei luoghi. In questo periodo le piante richiedono interventi di manutenzione straordinari senza i quali potrebbero andar incontro a danni transitori e permanenti compromettendo in tutto o in parte il risultato dell'opera a verde.

Al termine del periodo di attecchimento, lo sviluppo vegetativo sarà considerato adeguato quando, considerate le caratteristiche della specie, le condizioni ottimali di fornitura (piante adeguatamente rizollate, e patate, ecc.) e le condizioni ottimali di mantenimento (irrigazioni, concimazioni, trattamenti fitosanitari, ecc.) la pianta presenterà rami vivi ben distribuiti sulla chioma, l'allungamento dei nuovi germogli risulta adeguato e non sono presenti ferite sul tronco e sui rami principali.





### **7.8.1 Sostituzione delle piante**

Durante tutto il periodo di garanzia dovranno sempre essere garantite condizione di decoro nelle aree verdi evitando la permanenza di piante morte o fortemente deteriorate per le quali la Direzione Lavori può richiederne la sostituzione immediata.

Nel caso l'Appaltatore non esegua gli interventi secondo le modalità ed i tempi stabiliti nel crono programma condiviso, la Direzione Lavori provvederà direttamente a spese dell'Appaltatore.

Le eventuali sostituzioni del materiale vegetale dovranno essere effettuate con piante della stessa specie e varietà delle piante da sostituire e nella stagione adatta all'impianto. La Direzione Lavori può richiedere di sostituire le piante con piante coltivate in vaso qualora sia necessario mettere a dimora le piante in periodi di piantagione non adatti alle piante di zolla.

L'Appaltatore dovrà individuare le eventuali cause del deperimento concordando con la Direzione Lavori, gli eventuali interventi da eseguire, prima della successiva piantumazione. L'Appaltatore resta comunque obbligato alla sostituzione di ogni singolo esemplare per un numero massimo di due volte nel periodo di garanzia (oltre a quello d'impianto), fermo restando che la messa a dimora e la manutenzione siano state eseguite correttamente.

Sono a carico dell'Appaltatore, l'eliminazione e l'allontanamento dei vegetali morti (incluso l'apparato radicale), la fornitura del nuovo materiale e la messa a dimora dello stesso.

### **7.8.2 Deposito a garanzia o polizza fidejussoria**

L'Appaltatore dovrà fornire, alla fine dei lavori, idonea fidejussione (pari al 10% dell'importo delle opere in verde), quale garanzia di attecchimento, di durata pari al Piano di Mantenimento.

## **7.9 COLLAUDO**

L'Appaltatore alla fine del periodo previsto dal Piano di Mantenimento dovrà garantire di aver eseguito i lavori secondo le indicazioni e i requisiti del piano e, qualora non indicati requisiti specifici, applicando la massima diligenza e utilizzando le migliori tecniche e prassi in uso. La verifica dei lavori di manutenzione coincide temporalmente e funzionalmente con la verifica dell'attecchimento delle piante.

La verifica sarà eseguita dalla Direzione Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore anche attraverso il riesame del Registro delle Manutenzioni e con l'emissione del Verbale di attecchimento e il Certificato di fine dei lavori di manutenzione.

## **7.10 APPENDICE**

### **7.10.1 INTERVENTI DI MANUTENZIONE DELLE OPERE A VERDE**

Gli interventi indicati costituiscono una descrizione sommaria e non esaustiva di quello che deve essere attuato. Gli interventi dovranno comunque essere commisurati alle condizioni dei luoghi e alla specificità dell'opera.

#### **7.10.1.1 Irrigazioni alle piante**

Nella delicata fase post-impianto, si eseguiranno adeguati adacquamenti alle piante sia con interventi manuali sia assistiti dall'impianto d'irrigazione.

La durata della fase post-impianto di completo attecchimento vegetativo dipende dalla specie, dalla misura di fornitura, dalla criticità delle condizioni dei luoghi. In generale per piante arbustive e piccoli alberi (circ. < 20 cm) il periodo post impianto termina dopo una stagione vegetativa. Per piante esemplari e di grossa dimensione tale periodo può durare di più fin tanto che non si manifesta un apprezzabile allungamento vegetativo.

Per tutto il periodo post-impianto e fino al completo attecchimento vegetativo si dovranno eseguire frequenti controlli sullo stato vegetativo e soprattutto sull'umidità del terreno in prossimità delle piante, anche alla presenza d'impianto d'irrigazione automatico. E' noto come l'eventuale impianto d'irrigazione non costituisca sufficiente garanzia di corretta irrigazione per tutte le piante. Gli automatismi dovranno essere tarati, correttamente programmati ed adeguati all'andamento stagionale. Si dovranno evitare sia situazioni di prolungata siccità sia di eccesso idrico.



Le conche d'invaso dovranno essere eventualmente ripristinate prima degli adacquamenti manuali. Nel caso non siano previste specifiche linee d'irrigazione per le piante e queste siano irrigate con l'irrigazione del prato o delle aiuole circostanti, si dovrà provvedere ad integrazioni manuali nei periodi siccitosi in misura non inferiore a 10 interventi annui.

Le piante tappezzanti con impianto di irrigazione a goccia devono essere irrigate ogni 2-3 giorni nelle prime fasi post-impianto (primi 6 mesi) ed ogni 3-7 giorni nelle successive fasi con dosi di 30 l/mq (circa 90-150 minuti di funzionamento). In caso di assenza di impianti d'irrigazione o nel caso in cui questi non interessano parte delle piante, esse dovranno essere irrigate manualmente per il primo anno in misura non inferiore a 15 interventi annui.

#### **7.10.1.2 Controllo delle infestanti**

Si eseguiranno tutti gli interventi necessari per il controllo delle infestanti sia in prossimità del punto di piantagione degli alberi o cespugli isolati che nelle aiuole o siepi.

Gli interventi possono contemplare sia l'uso di diserbanti chimici sia scerbature manuali.

La frequenza degli interventi dipende dalla condizione dei luoghi, dalla capacità competitiva delle piante e dalla modalità di costruzione. Nelle aiuole con pacciamatura e/o teli pacciamanti lo sviluppo delle infestanti è più contenuto e quindi richiede un numero di interventi inferiore.

#### **7.10.1.3 Concimazioni alle piante**

Le lavorazioni di preparazione alla piantagione normalmente devono garantire un'adeguata fertilità per un periodo successivo all'impianto di 6/9 mesi.

Dopo questo primo periodo, la concimazione delle piante è importante per garantire lo sviluppo vegetativo e quindi il livello ornamentale. Le modalità di concimazione dipendono dalla specie e dalla condizione dei terreni.

Salvo casi particolari, si ritiene utile eseguire almeno una concimazione annuale per le piante arboree, siepi e aiuole con fertilizzanti a cessione programmata (6/8 mesi) o fertilizzanti a lenta cessione. Quando possibile sono da preferire concimi organici tipo stallatico.

#### **7.10.1.4 Potature**

Per gli alberi e grandi cespugli nei primi anni dopo l'impianto le potature di contenimento risultano trascurabili, mentre si rivelano importanti le potature di rimonda del secco e le potature di formazione della chioma.

Per le siepi sono da prevedere almeno una potatura al termine dello sviluppo vegetativo primaverile. Per le piante in aiuola dipende dalle specie: in generale per piante tappezzanti ed arbustive si dovrà prevedere almeno un intervento annuo o al termine dello sviluppo vegetativo primaverile (giugno/luglio) o a riposo vegetativo (novembre-marzo).

Le piante erbacee possono richiedere interventi specifici anche 3-4 volte l'anno.

Le potature devono essere eseguite da personale esperto e specializzato.

#### **7.10.1.5 Controllo degli ancoraggi e mantenimento delle conche d'invaso**

Gli ancoraggi e le conche di invaso dovranno essere mantenute per la loro funzione per tutto il periodo di manutenzione, quindi si rende necessario il controllo ed il loro mantenimento almeno 2 volte all'anno.

#### **7.10.1.6 Trattamenti antiparassitari alle piante**

In caso di necessità si interverrà con interventi antiparassitari appositamente registrati e distribuiti da personale specializzato. Si potranno prevedere per piante particolari degli specifici piani di trattamenti antiparassitari.

In generale si dovranno prevedere almeno 2 interventi annui su tutta la vegetazione come profilassi.



## 8 APPENDICE

### 8.1 CONTROLLI SUI FANGHI

Ove il progetto preveda l'utilizzo di fanghi durante lo scavo per l'esecuzione delle sottofondazioni, l'Impresa dovrà presentare alla DL uno studio preliminare in cui siano dettagliatamente specificate le caratteristiche dei materiali da utilizzare, i corretti dosaggi e le metodologie di utilizzo.

#### 8.1.1 Controllo del fango bentonitico

Per il controllo della qualità del fango si eseguiranno, a cura e spese dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- a) peso di volume;
- b) viscosità MARSH;
- c) contenuto in sabbia;

ripetendo le misure con la frequenza e le modalità di prelievo sotto indicate.

#### Fanghi freschi maturati (determinazione delle caratteristiche a e b):

- prelievo nella vasca di maturazione con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

#### Fanghi in uso, nel corso della escavazione (determinazione della caratteristica a):

- prelievo entro il cavo, mediante campionatore, alla profondità sovrastante di 50 cm quella raggiunta dall'escavazione al momento del prelievo, con frequenza di un prelievo per ogni elemento (palo o pannello di diaframma) al termine dell'attraversamento degli strati più sabbiosi o al termine delle operazioni di scavo.

#### Fanghi prima dell'inizio del getto del conglomerato cementizio (determinazione delle caratteristiche a e c):

- prelievo mediante campionatore, alla profondità di 80 cm sopra il fondo dello scavo con frequenza di prelievo per ogni elemento da eseguire dopo che le armature metalliche ed il tubo di convogliamento sono già stati posti in opera.

La Direzione lavori potrà richiedere ulteriori controlli delle caratteristiche dei fanghi bentonitici impiegati, in particolare nella fase iniziale di messa a punto delle lavorazioni.

L'Impresa dovrà disporre in cantiere di una adeguata attrezzatura di laboratorio per il controllo del peso specifico o di volume, della viscosità, del contenuto in sabbia, del pH, dell'acqua libera, e dello spessore del “cake”; mentre per la constatazione delle seguenti caratteristiche:

- residui al setaccio n. 38 della serie UNI n.2331 - 2332;
- tenore di umidità;
- limite di liquidità;
- decantazione della sospensione al 6%;

si ricorrerà, a cura e spese dell'Impresa, al Laboratorio Ufficiale.

#### 8.1.2 Controllo del fango biodegradabile

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- densità del fango biodegradabile fresco;
- densità del fango biodegradabile e viscosità del fango pronto per l'impiego;
- prova di decadimento.

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi, tranne che la prova di decadimento, che dovrà essere eseguita con frequenza settimanale, presso il laboratorio di cantiere.



La formula prevista e studiata dall'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla Direzione Lavori.

### 8.1.3 *Controllo del fango polimerico*

Per il controllo di qualità del fango, a cura dell'Impresa e in contraddittorio con la Direzione Lavori, si eseguiranno determinazioni sistematiche delle seguenti caratteristiche:

- densità del fango polimerico fresco;
- densità e viscosità del fango polimerico pronto per l'impiego;

I suddetti controlli verranno effettuati con frequenza quotidiana, per ogni impianto di preparazione fanghi.

La formula prevista e studiata dall'Impresa, potrà essere assoggettata ad ulteriori prove se richieste dalla Direzione Lavori.

## 8.2 **TECNICA DI PROVE DI CARICO SU PALI E MICROPALI**

### 8.2.1 *Prove su pali di grande diametro*

#### 8.2.1.1 **Prove di carico assiale e/o prove di verifica**

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per controllarne principalmente la corretta esecuzione e il comportamento sotto le azioni di progetto. Tali prove devono pertanto essere spinte ad un carico assiale pari a 1,5 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

In presenza di pali strumentati per il rilievo separato delle curve di mobilitazione delle resistenze lungo la superficie e alla base, il massimo carico assiale di prova può essere posto pari a 1,2 volte l'azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione; in ogni caso il numero di prove non deve essere inferiore a:

- 1 se il numero di pali è inferiore o uguale a 20,
- 2 se il numero di pali è compreso tra 21 e 50,
- 3 se il numero di pali è compreso tra 51 e 100,
- 4 se il numero di pali è compreso tra 101 e 200,
- 5 se il numero di pali è compreso tra 201 e 500,
- il numero intero più prossimo al valore  $5 + n/500$ , se il numero  $n$  di pali è superiore a 500.

Il numero di prove di carico di verifica può essere ridotto se sono eseguite prove di carico dinamiche, da tarare con quelle statiche di progetto, e siano effettuati controlli non distruttivi su almeno il 50% dei pali.

Di ciascuna prova dovrà essere redatto apposito verbale, controfirmato dalle parti, nel quale saranno riportati tra l'altro: data ed ora di ogni variazione del carico, le corrispondenti letture dei flessimetri ed il diagrammi carichi cedimenti.

#### 8.2.1.2 **Attrezzatura e dispositivi di prova**

Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa  $\geq 200$  mm, posizionati in modo da essere perfettamente centrati rispetto all'asse del palo.

I martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna. Martinetti e manometro della pompa saranno corredati da un certificato di taratura recente ( $\approx 3$  mesi).

Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.



La reazione di contrasto sarà di norma ottenuta tramite una zavorra la cui massa  $M$  dovrà essere non inferiore a 1,2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova:

$$M \geq 1,2 \cdot P_{\text{prova}} / g = 0,12 P_{\text{prova}}$$

La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di calcestruzzo o roccia.

In alternativa la zavorra potrà essere sostituita con:

- pali di contrasto, dimensionati a trazione;
- tiranti di ancoraggio collegati ad un dispositivo di contrasto.

In questi casi si avrà cura di ubicare i pali o i bulbi di ancoraggio dei tiranti a sufficiente distanza dal palo di prova (minimo 3 diametri).

L'Impresa, nel caso di prove di carico con pali di contrasto, dovrà redigere un progetto dettagliato delle prove di carico indicando numero, interassi, dimensioni, e lunghezza dei pali;

Qualora sia richiesto l'uso di una centralina oleodinamica preposta a fornire al/ai martinetti la pressione necessaria, questa dovrà essere di tipo sufficientemente automatizzato per poter impostare il carico con la velocità richiesta, variarla in caso di necessità e mantenere costante il carico durante le soste programmate.

Per misurare il carico applicato alla testa del palo si interporrà tra il martinetto di spinta ed il palo una cella di carico del tipo ad estensimetri elettrici di opportuno fondo scala.

Nel caso non fosse disponibile tale tipo di cella, il carico imposto al palo verrà determinato in base alla pressione fornita ai martinetti misurata con un manometro oppure, dove previsto, misurata con continuità da un trasduttore di pressione collegato al sistema di acquisizione automatico e, in parallelo, con un manometro.

Il manometro ed il trasduttore di pressione, se utilizzati, dovranno essere corredati da un rapporto di taratura rilasciato da non più di 3 mesi da un laboratorio ufficiale.

Lo strumento di misura dovrà avere fondo scala e precisione adeguati e non inferiore al 5% del carico applicato per i manometri e del 2% per le celle di carico.

Se viene impiegato soltanto il manometro, il relativo quadrante dovrà avere una scala adeguata alla precisione richiesta.

E' raccomandato l'inserimento di un dispositivo automatico in grado di mantenere costante ( $\pm 20$  kN) il carico applicato sul palo, per tutta la durata di un gradino di carico ed indipendentemente dagli abbassamenti della testa del palo.

Per la misura dei cedimenti, saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a  $\approx 120^\circ$  intorno all'insieme palo-terreno.

Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi al terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo.

Il sistema sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi innocenti.

Preliminarmente all'esecuzione delle prove saranno eseguiti cicli di misure allo scopo di determinare l'influenza delle variazioni termiche e/o di eventuali altre cause di disturbo.

Dette misure, compreso anche il rilievo della temperatura, saranno effettuate per un periodo di 24 ore con frequenze di 2 ore circa.

### 8.2.1.3 Preparazione ed esecuzione della prova

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del calcestruzzo e messa a nudo del fusto per un tratto di  $\approx 50$  cm.

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite n.3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per la successiva apposizione dei micrometri.

Sopra la testa regolarizzata si stenderà uno strato di sabbia di circa 3 cm di spessore, oppure una lastra di piombo.

Si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice.



La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 diametri dall'asse del palo.

L'altezza dei due appoggi deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti ( $h_{\min} = 1,5 \text{ m}$ ).

Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave o struttura di contrasto farà capo a pali o tiranti di ancoraggio.

#### 8.2.1.4 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alla finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede due cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

##### 1° CICLO

- a) Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\delta P$ , fino a raggiungere il carico  $P_{es}$ .
- b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:
  - $t = 0$  (applicazione del carico)
  - $t = 2'$
  - $t = 4'$
  - $t = 8'$
  - $t = 15'$

Si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.

Il cedimento è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $t = 15'$ ):

$$\delta s \leq 0.025 \text{ mm.}$$

Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 4 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a:

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$
- $t = 15'$

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a:

- $t = 30'$
- $t = 45'$
- $t = 60'$

##### 2° CICLO

- a) Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\delta P$  fino a raggiungere il carico  $P_{prova}$  (o  $P_{lim}$ ).



b) In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al punto "b" del 1° Ciclo.

c) Il carico  $P_{prova}$ , quando è minore di  $P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini (di entità  $3 \delta P$ ) con misure a:

- $t = 0$
- $t = 5'$
- $t = 10'$
- $t = 15'$

A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ ; una lettura finale sarà effettuata 12 ore dopo che il palo è stato completamente scaricato.

Si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando risulti verificata una delle seguenti condizioni:

- cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 2$  cedimento ( $P_{lim} - \delta P$ )
- cedimento ( $P_{lim}$ )  $\geq 0,10$  diametri.

#### 8.2.1.5 Risultati della prova

Le misure dei cedimenti saranno registrate utilizzando moduli contenenti:

- il n° del palo con riferimento ad una planimetria;
- l'orario di ogni singola operazione;
- la temperatura;
- il carico applicato;
- il tempo progressivo di applicazione del carico;
- le corrispondenti misure di ogni comparatore;
- i relativi valori medi;
- le note ed osservazioni.

Le tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento costituiranno il verbale della prova.

Le date e il programma delle prove dovranno essere altresì comunicati alla Direzione Lavori con almeno 7 giorni di anticipo sulle date di inizio.

La documentazione fornita dall'esecutore della prova dovrà comprendere i seguenti dati:

- tabelle complete delle letture tempo-carico-cedimento che le indicazioni singole dei comparatori e la loro media aritmetica; (Sono richieste anche le fotocopie chiaramente leggibili della documentazione originale di cantiere - "verbale").
- diagrammi carichi-cedimenti finali per ciascun comparatore e per il valore medio;
- diagrammi carichi-cedimenti (a carico costante) per ciascun comparatore e per il valore medio;
- numero di identificazione e caratteristiche nominali del palo (lunghezza, diametro);
- stratigrafia del terreno rilevata durante la perforazione (pali trivellati);
- geometria della prova (dispositivo di contrasto, travi porta micrometri, etc.);
- disposizione, caratteristiche e certificati di taratura della strumentazione;



- scheda tecnica del palo, preparata all'atto dell'esecuzione.
- relazione tecnica riportante l'elaborazione dei dati e l'interpretazione della prova medesima nonché l'individuazione del carico limite con il metodo dell'inverse pendenze.

#### 8.2.1.6 Prove Di Carico Su Pali Strumentati

Quando richiesto, le prove di carico assiali, oltre che per definire la curva carico-cedimento alla testa del palo, avranno lo scopo di valutare l'entità e la distribuzione del carico assiale e della curva di mobilitazione dell'attrito lungo il palo. Pertanto, dovranno essere predisposte una serie di sezioni strumentate nel fusto del palo, e anche alla base del palo stesso. I dispositivi indicati nel presente paragrafo sono pertanto da considerarsi aggiuntivi rispetto a quanto sopra descritto

Per i pali strumentati, ad ultimazione del getto verrà eseguito un controllo generale della strumentazione per verificare l'integrità a seguito delle operazioni di realizzazione del palo.

Ulteriori controlli con registrazione dei dati verranno eseguiti a 7, 14 e 28 giorni ed immediatamente prima della prova di carico. Quest'ultima costituirà la misura di origine per le successive letture.

#### 8.2.1.7 Attrezzature e dispositivi di prova

Lungo il fusto del palo saranno predisposte delle sezioni strumentate il cui numero e la cui ubicazione sarà stabilito di volta in volta in accordo con la Direzione Lavori. In ogni caso dovranno essere previste almeno 4 sezioni strumentate.

Indicativamente la sezione strumentata superiore sarà ubicata esternamente al terreno in prossimità della testa del palo.

Qualora non fosse possibile realizzare la sezione strumentata di testa al di sopra del piano lavoro, dopo l'esecuzione del palo si procederà ad isolare il palo dal terreno circostante fino alla quota della sezione strumentata di testa, in questo caso la sezione strumentata di testa sarà posizionata il più vicino possibile al piano lavoro.

Le dimensioni geometriche di questa sezione strumentata dovranno essere accuratamente misurate prima delle prove.

Tale sezione consentirà di avere indicazioni sul modulo del calcestruzzo in corrispondenza dei vari gradini di carico e sarà di riferimento per il comportamento di tutte le altre.

Ogni sezione strumentata sarà costituita da almeno 3 estensimetri elettrici disposti su di una circonferenza, a circa 120° l'uno dall'altro.

Le celle estensimetriche saranno fissate all'armatura longitudinale e protette dal contatto diretto con il calcestruzzo.

Esse saranno corredate di rapporto di taratura rilasciato da un laboratorio ufficiale. Per ogni sezione strumentata si ammetteranno tolleranze non superiori a 10 cm rispetto alla quota teorica degli estensimetri elettrici.

La punta del palo verrà strumentata mediante una cella di carico costituita da estensimetri elettrici.

La sezione verrà ubicata alla distanza di circa 1 diametro dalla base del palo.

La misura degli spostamenti alla base del palo verrà realizzata con un estensimetro meccanico a base lunga. Esso misurerà le deformazioni relative tra la base e la testa del palo.

L'ancoraggio dello strumento sarà posizionato alla quota degli estensimetri elettrici e la misura sarà riportata in superficie mediante un'asta di acciaio rigida avente coefficiente di dilatazione termica comparabile con quello del calcestruzzo.

Sarà eliminato il contatto con il calcestruzzo circostante mediante una tubazione rigida di acciaio di circa 1" di diametro esterno.

Particolare cura sarà posta nel rendere minimo l'attrito tra asta interna e tubazione esterna utilizzando, ad esempio, distanziali di materiale antifrizione e altri sistemi analoghi, prestando attenzione ad usarne un numero sufficiente, ma non eccessivo.

Occorrerà garantire una perfetta tenuta tra l'ancoraggio ed il tubo esterno al fine di evitare intrusioni di calcestruzzo nell'intercapedine asta-tubo di protezione all'atto del getto.

Come per gli altri tipi di tubazione anche questa sarà portata sino in superficie a fuoriuscire dalla testa del palo a fianco della piastra di ripartizione.





In questo punto verranno installati dei trasduttori di spostamento lineari con fondo scala di circa 20÷30 mm e precisione dello 0,2% del fondo scala, per la misura in continuo degli spostamenti relativi fra il tubo di protezione (testa del palo) e l'ancoraggio solidale alla base del palo.

La testa di questo strumento andrà adeguatamente protetta contro avverse condizioni atmosferiche, contro urti meccanici accidentali e contro le variazioni di temperatura.

Gli estensimetri andranno fissati alle staffe dell'armatura e saranno dotati di barre di prolunga in acciaio da entrambi i lati non inferiori a 50 cm.

Gli strumenti saranno adeguatamente protetti da possibili urti del tubo getto con rinforzi e protezioni in acciaio da definirsi sul posto.

Tutti i cavi elettrici provenienti dagli estensimetri dovranno essere protetti dal diretto contatto meccanico con i ferri d'armatura.

Normalmente si farà in modo che le tubazioni da inserire nella gabbia siano simmetricamente disposte all'interno della sezione.

L'uscita dei cavi dalla testa del palo non dovrà costituire un ingombro alle operazioni successive.

Le modalità di installazione e protezione dei cavi saranno comunicate alla Direzione Lavori.

#### **8.2.1.8 Preparazione ed esecuzione della prova**

Si applicano integralmente le specifiche espresse in precedenza per i pali di grande diametro.

#### **8.2.1.9 Prove Di Carico Laterale**

Queste prove dovranno essere effettuate nel caso in cui i pali di fondazione siano stati progettati per resistere a carichi orizzontali.

Il numero ed i pali da sottoporre a prova sarà definito dal progettista e/o concordato con la Direzione Lavori in base all'importanza dei carichi di progetto.

Nella esecuzione delle prove ci si atterrà alle prescrizioni già impartite per le prove di carico assiale, salvo quanto qui di seguito specificato.

Il contrasto sarà di norma ottenuto utilizzando un palo di caratteristiche geometriche analoghe, distante almeno 3 diametri.

Il martinetto sarà prolungato mediante una trave di opportuna rigidità.

Gli spostamenti saranno misurati su entrambi i pali. Si utilizzeranno per ciascun palo 2 coppie di comparatori centesimali fissati alla stessa quota; la prima coppia sarà disposta in posizione frontale rispetto alla direzione di carico; la seconda coppia sarà disposta in corrispondenza dell'asse trasversale alla direzione di carico.

Per la misura delle deformazioni durante la prova di carico, la Direzione Lavori indicherà i pali nei quali posizionare, prima del getto, dei tubi inclinometrici.

Si utilizzeranno tubi in alluminio a 4 scanalature, diametro  $d = 81/76$  mm, resi solidali alla gabbia di armatura a mezzo di opportune legature.

Le misure saranno effettuate con una sonda inclinometrica perfettamente efficiente, di tipo bi-assiale, previo rilevamento delle torsioni iniziali del tubo-guida.

Se richiesto dalla Direzione Lavori anche i pali sottoposti a prove di carico laterale potranno avere sezioni strumentate con estensimetri elettrici a varie profondità.

#### **8.2.1.10 Prove Di Progetto Su Pali Pilota**

I pali di prova, eventualmente strumentati (per la determinazione del carico limite), saranno eseguiti a cura e spese dell'Impresa, con le stesse modalità di cui ai precedenti paragrafi, in numero pari all'1% del totale dei pali con un minimo di 1 palo per opera d'arte e comunque secondo le indicazioni del progettista e/o le prescrizioni del Direttore dei Lavori.

Le prove per la determinazione della resistenza del singolo palo (prove di progetto) devono essere eseguite su pali appositamente realizzati (pali pilota) identici, per geometria e tecnologia esecutiva, a quelli da realizzare. I pali di prova



dovranno essere realizzati in corrispondenza dell’opera, e predisposti al di fuori della palificata ad una distanza tale da non interferire con l’area di influenza della stessa e ricadere nella medesima situazione geotecnica e/o stratigrafica della palificata in progetto.

L’intervallo di tempo intercorrente tra la costruzione del palo pilota e l’inizio della prova di carico deve essere sufficiente a garantire che il materiale di cui è costituito il palo sviluppi la resistenza richiesta e che le pressioni interstiziali nel terreno si riportino ai valori iniziali.

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

Le prove di progetto devono essere spinte fino a valori del carico assiale tali da portare a rottura il complesso palo-terreno o comunque tali da consentire di ricavare significativi diagrammi dei cedimenti della testa del palo in funzione dei carichi e dei tempi.

Il sistema di vincolo deve essere dimensionato per consentire un valore del carico di prova non inferiore a 2,5 volte l’azione di progetto utilizzata per le verifiche SLE.

La resistenza del complesso palo-terreno è assunta pari al valore del carico applicato corrispondente ad un cedimento della testa pari al 10% del diametro nel caso di pali di piccolo e medio diametro ( $d < 80$  cm), non inferiori al 5% del diametro nel caso di pali di grande diametro ( $d > 80$  cm).

Se tali valori di cedimento non sono raggiunti nel corso della prova, è possibile procedere all’extrapolazione della curva sperimentale a patto che essa evidenzi un comportamento del complesso palo-terreno marcatamente non lineare.

Per i pali di grande diametro si può ricorrere a prove statiche eseguite su pali aventi la stessa lunghezza dei pali da realizzare, ma diametro inferiore, purché tali prove siano adeguatamente motivate ed interpretate al fine di fornire indicazioni utili per i pali da realizzare. In ogni caso, la riduzione del diametro non può essere superiore al 50% ed il palo di prova deve essere opportunamente strumentato per consentire il rilievo separato delle curve di mobilitazione della resistenza laterale e della resistenza alla base.

Come prove di progetto possono essere eseguite prove dinamiche ad alto livello di deformazione, purché adeguatamente interpretate al fine di fornire indicazioni comparabili con quelle derivanti da una corrispondente prova di carico statica di progetto.

Tali pali dovranno essere eseguiti o posti in opera alla presenza della DL, cui spetta l’approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i pali in progetto.

In ogni caso l’Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, all’esecuzione di tutte quelle prove di controllo non distruttive che saranno richieste dalla DL per eliminare gli eventuali dubbi sulla accettabilità delle modalità esecutive.

Nel caso in cui nel corso dei lavori l’Impresa proponga di variare la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, la stessa Impresa provvederà, sempre a sua cura e spese, ad effettuare le prove precedentemente descritte che la Direzione Lavori riterrà opportuno ripetere.

**Di tutte le prove e controlli eseguiti, l’Impresa si farà carico di presentare una relazione tecnica riportante le attività di prova, le metodologie adottate nonché i risultati delle prove stesse.**

## **8.2.2 Prove di carico su micropali**

### **8.2.2.1 Prove Di Carico Assiale**

I carichi di prova saranno definiti di volta in volta dal progettista, in relazione alle finalità della prova stessa.

Di norma il massimo carico di prova  $P_{prova}$  sarà:

- $P_{prova} = 1,5 P_{esercizio}$
- $P_{prova} = P_{lim}$

ove con  $P_{lim}$  si indica la portata limite dell’insieme micropalo-terreno.



Il numero e l'ubicazione delle prove di verifica devono essere stabiliti in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del terreno di fondazione. In ogni caso il numero delle prove non deve essere inferiore a quanto riportato per i pali di grande diametro. Tutte le prove saranno eseguite a cura e spese dell'Impresa.

### 8.2.2.2 Attrezzature e dispositivi di prova

Le attrezzature ed i dispositivi per l'applicazione e per la misura del carico, ed i dispositivi per la misura dei cedimenti saranno conformi alle specifiche esposte per i pali di grande diametro.

E' ammessa l'esecuzione di prove di carico a compressione mediante contrasto su micropali laterali, a condizione che:

- le armature tubolari e le eventuali giunzioni filettate dei micropali di contrasto siano in grado di resistere ai conseguenti sforzi di trazione;
- la terna di micropali sia giacente sullo stesso piano verticale o inclinato.

Nel caso di micropali inclinati dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad evitare l'insorgere di carichi orizzontali e/o momenti flettenti dovuti ad eccentricità, che potrebbero influenzare i risultati della prova.

I risultati forniti dai micropali di contrasto potranno essere utilizzati quali valori relativi a prove di carico a trazione, se i carichi effettivamente applicati sono significativi a norma di quanto definito nel presente paragrafo.

I micropali prescelti saranno preparati mettendo a nudo il fusto per un tratto di  $\approx 20$  cm ed eliminando tutte le superfici di contatto e di attrito con eventuali plinti, solette, murature, etc..

Nel tratto di fusto esposto saranno inserite 3 staffe metalliche, a  $120^\circ$ , per il posizionamento dei micrometri.

Si provvederà quindi a fissare sulla testa del micropalo una piastra metallica di geometria adeguata ad ospitare il martinetto, ed a trasferire il carico sul micropalo.

La zavorra sarà messa a dimora dopo avere posizionato la trave di sostegno su due appoggi laterali, posti a circa 3 m dall'asse del micropalo.

L'altezza degli appoggi dovrà essere sufficiente a consentire il posizionamento del martinetto e del relativo centratore, e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti.

Tra il martinetto e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone.

Gli stessi accorgimenti saranno adottati anche nel caso in cui la trave di contrasto farà capo ad una coppia di micropali posti lateralmente al micropalo da sottoporre a prova di compressione.

### 8.2.2.3 Programma di carico

Il programma di carico sarà definito di volta in volta, in relazione alle finalità della prova.

Di norma si farà riferimento al seguente schema, che prevede 3 cicli di carico e scarico, da realizzarsi come di seguito specificato.

#### 1° CICLO

a) Applicazione di "n" ( $n \geq 4$ ) gradini di carico successivi, di entità pari a  $\delta P$ , fino a raggiungere il carico  $P_{ES}$ .

b) In corrispondenza di ciascun gradino di carico si eseguiranno misure dei cedimenti con la seguente frequenza:

- $t = 0$  (applicazione del carico)
- $t = 2'$
- $t = 4'$
- $t = 8'$
- $t = 15'$

si proseguirà quindi ogni 15' fino a raggiunta stabilizzazione, e comunque per non più di 2 ore.



Il cedimento  $s$  è considerato stabilizzato se, a parità di carico, è soddisfatta la condizione tra due misure successive ( $\delta t = 15'$ ):  $s \leq 0,025$  mm.

c) Per il livello corrispondente a  $P_{es}$  il carico viene mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi si procede allo scarico mediante almeno 3 gradini, in corrispondenza dei quali si eseguono misure a  $t = 0$ ,  $t = 5'$ ,  $t = 10'$ ,  $t = 15'$ .

Allo scarico le letture verranno eseguite anche a  $t = 30'$ ,  $t = 45'$  e  $t = 60'$ .

#### 2° CICLO

- Applicazione rapida di un carico di entità  $1/3 P_{es}$
- Lettura dei cedimenti a  $t = 0, 1', 2', 4', 8', 15'$
- Scarico rapido e letture a  $t = 0$  e  $5'$
- Applicazione rapida di un carico di entità  $2/3 P_{es}$
- Lettura dei cedimenti come in "b"
- Scarico come in "c"
- Applicazione rapida di un carico di entità pari a  $P_{es}$
- Lettura dei cedimenti come in "b"
- Scarico con letture a  $t = 0, 5', 10', 15'$  e  $30'$ .

#### 3° CICLO

- Applicazione di "m" ( $m \geq 9$ ) gradini di carico  $\delta P$  fino a raggiungere il carico  $P_{prova}$  (o  $P_{lim}$ ).
- In corrispondenza di ogni livello di carico si eseguiranno misure di cedimento con la stessa frequenza e limitazioni di cui al 1° ciclo, punto "b".
- Il carico  $P_{prova}$ , quando è  $< P_{lim}$ , sarà mantenuto per un tempo minimo di 4 ore; quindi il palo sarà scaricato mediante almeno 3 gradini con misure a  $t = 0$ ,  $t = 5'$  e  $t = 10'$  e  $t = 15'$ . A scarico ultimato si eseguiranno misure fino a  $t = 60'$ .

Si considererà raggiunto il carico limite  $P_{lim}$ , e conseguentemente si interromperà la prova, allorquando misurando il cedimento  $s$  risulterà verificata una delle seguenti condizioni:

- $s(P_{lim}) \geq 2 \cdot s(P_{lim} - \delta P)$
- $s(P_{lim}) \geq 0.2 d + s_{el}$

ove :

$d$  = diametro del micropalo

$s_{el}$  = cedimento elastico del micropalo.

#### 8.2.2.4 Risultati delle prove

Le misure dei cedimenti saranno registrate con le stesse modalità indicate per i pali di grande diametro.