

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

NOME DELLA PROVINCIA PROVINCIA DI ALESSANDRIA		NOME DEI COMUNI/ASL COMUNE DI TORTONA	
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO IN UNICA FASE DEFINITIVO-ESECUTIVO			
CUP F31B02000110002	TITOLO INTERVENTO Modifica dello svincolo sulla SP 211 e realizzazione di nuova rotatoria al fine della messa in sicurezza dell'esistente innesto tra il ramo di uscita della rotatoria direzione Tortona e la SP 211 sottopassante la rotatoria stessa. Lavori complementari della variante esterna di Tortona.		
CODICE OPERA 003AL06LC			
Tavola n. 6B	TITOLO TAVOLA CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - PARTE II - NORME TECNICHE		
DATA Aprile 2017	SCALA -	AREA PROGETTUALE DOCUMENTAZIONE TECNICO-ECONOMICA	
FORMATO ELABORATO	CODICE GENERALE ELABORATO		
NOME FILE			
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	
0	Aprile 2017	Prima redazione	
RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO: SINA S.p.A. Studio Valle Progettazioni Siteco s.r.l. Ges.I.T. Engineering s.r.l. Batimat s.r.l.		PROGETTISTA: Siteco s.r.l.	
		S.C.R. PIEMONTE S.P.A. Responsabile del Procedimento: Arch. Sergio Manto	

Premessa

Il presente Capitolato si compone di n. 7 distinte parti:

- le prime 5 parti disciplinano sostanzialmente le modalità' di esecuzione, le norme per la misurazione e la valutazione dei lavori strutturali;
- la sesta parte individua e disciplina modalità di esecuzione, le norme per la misurazione e la valutazione dei lavori stradali;
- la settima parte individua e disciplina le modalità' di esecuzione, le norme per la misurazione e la valutazione degli impianti ed è su file dedicato.

Nota sull'indice:

- l'indice delle prime 5 parti è riportato fra le pagine 2 e 6;
- l'indice della sesta parte è riportato fra le pag. 136 e 138

INDICE

1 MATERIALI IN GENERALE	7
1.1 Art. 1. Accettazione.....	7
1.2 Art. 2. Impiego di materiali con caratteristiche superiori a quelle contrattuali	7
1.3 Art. 3. Impiego di materiali o componenti di minor pregio	7
1.4 Art. 4. Impiego di materiali riciclati e di terre e rocce da scavo	7
1.4.1 Materiali riciclati	
1.4.2 Riutilizzo delle terre e rocce da scavo	
1.5 Art. 5. Norme di riferimento e marcatura ce	8
1.6 Art. 6. Provvista dei materiali	8
1.7 Art. 7. Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto	8
1.8 Art. 8. Accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche	8
1.9 Art. 9. Indennità per occupazioni temporanee e danni arrecati	9
 2 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE	10
2.1 Art. 10 Identificazione, certificazione e accettazione	10
2.2 Art. 10 b Procedure e prove sperimentali d'accettazione	10
2.3 Art. 11. Componenti del calcestruzzo	10
2.3.1 Leganti per opere strutturali	
2.3.2 Fornitura	
2.3.3 Marchio di conformità	
2.3.4 Metodi di prova	
2.3.5 Aggregati	
2.3.6 Sistema di attestazione della conformità	
2.3.7 Marcatura CE	
2.3.8 Controlli d'accettazione	
2.3.9 Sabbia	
2.3.10 Verifiche sulla qualità	
2.4 Art. 12. Acciaio per cemento armato	21
2.4.1 Le forme di controllo obbligatorie	
2.4.2 La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati	
2.5 Art. 13. Acciaio per cemento armato precompresso	32
2.5.1 Generalità	
2.5.2 I controlli	

2.5.3 Le prescrizioni comuni. Le modalità di prelievo	
2.5.4 I controlli nei centri di trasformazione	
2.5.5 13.6 I controlli di accettazione in cantiere e gli obblighi del direttore dei lavori	
2.6 Art. 14. Calci idrauliche da costruzioni	35
2.6.1 Norme di riferimento	
2.7 Art. 15. Manufatti di pietre naturali o ricostruite	35
2.7.1 Generalità	
2.7.2 Marmo	
2.7.3 Granito	
2.7.4 Travertino	
2.7.5 Pietra	
2.7.6 Norma di riferimento	
2.7.7 Requisiti d'accettazione	
2.7.8 Norme di riferimento	
2.8 Art. 16. Tiranti per ancoraggi nei terreni	38
2.8.1 Definizioni e scopo	
2.8.2 Prove tecnologiche preliminari	
2.8.3 Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali	
2.8.4 Materiali ed elementi costruttivi	
2.8.5 Misura della fluidità con il cono di MARSH modificato	
2.8.6 Misura dell'essudazione della boiacca (bleeding)	
2.8.7 Elementi di protezione	
2.8.8 Tolleranze geometriche	
2.8.9 Perforazione	
2.8.10 Assemblaggio e posa delle armature	
2.8.11 Connessione al terreno	
2.8.12 Iniezione semplice	
2.8.13 Iniezione ripetuta in pressione	
2.8.14 Tesatura e collaudo	
2.8.15 Protezioni anticorrosive in opera	
2.8.16 Documentazione dei lavori	
2.9 Art. 17. Rilievi, tracciati e capisaldi	48
2.9.1 Rilievi	
2.9.2 Tracciati	
2.9.3 Capisaldi di livellazione	
2.9.4 Strumentazione	
3 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE EDILIZIE / STRUTTURALI.....	49

3.1 Art. 21. Demolizioni.....	49
3.1.1 Interventi preliminari	
3.1.2 Sbarramento della zona di demolizione	
3.1.3 Idoneità delle opere provvisorie	
3.1.4 Ordine delle demolizioni. Programma di demolizione	
3.1.5 Allontanamento e /o deposito delle materie di risulta	
3.1.6 Proprietà degli oggetti ritrovati	
3.1.7 Proprietà dei materiali da demolizione	
3.1.8 Demolizione per rovesciamento	
3.2 Art. 22. Scavi a sezione obbligata e sbancamenti in generale	51
3.2.1 Generalità	
3.2.2 Ricognizione	
3.2.3 Smacchiamento dell'area	
3.2.4 Riferimento ai disegni di progetto esecutivo	
3.2.5 Splateamento e sbancamento	
3.2.6 Scavi a sezione obbligata	
3.2.7 Scavi in presenza d'acqua	
3.2.8 Pompe di aggettamento	
3.2.9 Prosciugamento dello scavo con sistema Wellpoint	
3.2.10 Allontanamento delle acque superficiali o di infiltrazione	
3.2.11 Impiego di esplosivi	
3.2.12 Deposito di materiali in prossimità degli scavi	
3.2.13 Presenza di gas negli scavi	
3.2.14 Sistemazione di strade, accessi e ripristino passaggi	
3.2.15 Manutenzione degli scavi	
3.3 Art. 23. Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi.....	53
3.4 Art. 24. Riparazione di sottoservizi	53
3.5 Art. 25. Rilevati e rinterri.....	53
3.6 Art. 26. Fondazioni dirette	54
3.6.1 Scavi di fondazione	
3.6.2 Controllo della rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva	
3.6.3 Magrone	
3.7 Art. 27. Pali di fondazione	55
3.7.1 Definizioni	
3.7.2 Materiali	
3.8 Art. 28. Confezionamento e posa in opera del calcestruzzo	70

3.8.1 Calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato	
3.8.2 Controlli in corso d'opera	
3.8.3 Confezione, trasporto e posa in opera del calcestruzzo per strutture in calcestruzzo semplice e armato	
3.8.4 Norma di riferimento	
3.8.5 Esecuzione del getto del calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato	
3.8.6 Controllo della fessurazione superficiale	
3.8.7 Maturazione accelerata con getti di vapore saturo	
3.8.8 Casseforme e puntelli per le strutture in calcestruzzo semplice e armato	
3.8.9 Pulizia e trattamento	
3.8.10 Legature delle casseforme e distanziatori delle armature	
3.8.11 Strutture di supporto	
3.8.12 Giunti tra gli elementi di cassaforma	
3.8.13 Predisposizione di fori, tracce, cavità	
3.8.14 Linee generali per il disarmo delle strutture in cemento armato	
3.8.15 Disarmanti	
3.8.16 Norme di riferimento	
3.8.17 Ripristini e stuccature	
3.8.18 Caricamento delle strutture disarmate	
3.8.19 Prescrizioni specifiche per il calcestruzzo a faccia vista	
3.8.20 Difetti superficiali delle strutture, cause e rimedi	
3.9 Art. 29. Armature minime e limitazioni geom. delle sezioni degli elementi strutturali in c.a. ...	111
3.9.1 Dettagli costruttivi per le zone non sismiche	
3.9.2 Copriferro e interferro	
3.9.3 Limitazioni geometriche	
3.9.4 Limitazioni di armatura	
3.10 Art. 30. Armature minime degli elementi strutturali in cemento armato precompresso	116
3.10.1 Armatura longitudinale ordinaria	
3.10.2 Staffe	
4 PROVE E VERIFICHE SULLE OPERE E SUI MATERIALI EDILIZI/ STRUTTURALI	117
4.1 Art. 31. Controlli regolamentari sul conglomerato cementizio	117
4.1.1 Resistenza caratteristica	
4.1.2 Controlli di qualità del conglomerato	
4.1.3 Prelievo ed esecuzione della prova a compressione	
4.2 Art. 32. Controlli sul calcestruzzo fresco.....	121
4.2.1 Prove per la misura della consistenza	
4.2.2 Controllo della composizione del calcestruzzo fresco	

4.2.3 Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (Bleeding)	
4.3 Art. 33. Controlli sul calcestruzzo in corso d'opera.....	122
4.3.1 Le finalità	
4.3.2 Pianificazione delle prove in opera	
4.3.3 Predisposizione delle aree di prova	
4.3.4 Elaborazione dei risultati	
4.3.5 Carotaggio	
4.3.6 Metodi indiretti per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera	
4.3.7 Determinazione di altre proprietà del calcestruzzo in opera: dimensioni e posizione delle armature e stima dello spessore del copriferro	
4.4 Art. 34. Prove di carico sui pali di fondazione	129
4.4.1 Prove di verifica in corso d'opera	
4.4.2 Prove di carico verticali	
4.5 Art. 35. Controlli d'integrità dei pali di fondazione	131
4.5.1 Criteri generali	
4.5.2 Prove di eco sonico	
4.5.3 Prova di ammettenza meccanica verticale	
4.5.4 Metodo Cross-hole	
4.5.5 Carotaggio continuo meccanico	
4.5.6 Scavi attorno al fusto del palo	
 5 NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI EDILIZI/ STRUTTURALI.....	133
5.1 Art. 36. Valutazione lavori a corpo e a misura	133
5.2 Art. 37. Scavi	133
5.2.1 Scavi di sbancamento	
5.2.2 Scavi a sezione obbligata	
5.2.3 Scavi in presenza d'acqua	
5.2.4 Oneri aggiunti per gli scavi	
5.3 Art.38. Rilevati, rinterri e vespai	134
5.3.1 Rilevati	
5.3.2 Rinterri	
5.3.3 Preparazione del piano di posa dei rilevati	
5.3.4 Riempimento con misto granulare. Vespai	
5.4 Art. 39. Noleggi	134
5.5 Art. 40. Manodopera	135

1 MATERIALI IN GENERALE

1.1 Art. 1. Accettazione

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni del presente capitolato speciale ed essere della migliore qualità e possono essere messi in opera solamente dopo l'accettazione del direttore dei lavori; in caso di contestazioni, si procederà ai sensi del regolamento.

L'accettazione dei materiali e dei componenti è definitiva solo dopo la loro posa in opera. Il direttore dei lavori può rifiutare in qualunque tempo i materiali e i componenti deperiti dopo l'introduzione in cantiere o che per qualsiasi causa non fossero conformi alle caratteristiche tecniche risultanti dai documenti allegati al contratto. In quest'ultimo caso, l'appaltatore deve rimuoverli dal cantiere e sostituirli con altri idonei a sue spese.

Ove l'appaltatore non effettui la rimozione nel termine prescritto dal direttore dei lavori, la stazione appaltante può provvedervi direttamente a spese dell'appaltatore, a carico del quale resta anche qualsiasi onere o danno che possa derivargli per effetto della rimozione eseguita d'ufficio.

Anche dopo l'accettazione e la posa in opera dei materiali e dei componenti da parte dell'appaltatore, restano fermi i diritti e i poteri della stazione appaltante in sede di collaudo tecnico-amministrativo o di emissione del certificato di regolare esecuzione.

1.2 Art. 2. Impiego di materiali con caratteristiche superiori a quelle contrattuali

L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la loro contabilizzazione deve essere redatta come se i materiali fossero conformi alle caratteristiche contrattuali.

1.3 Art. 3. Impiego di materiali o componenti di minor pregio

Nel caso sia stato autorizzato per ragioni di necessità o convenienza da parte del direttore dei lavori l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, all'appaltatore deve essere applicata un'adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

1.4 Art. 4. Impiego di materiali riciclati e di terre e rocce da scavo

1.4.1 Materiali riciclati

Per l'impiego di materiali riciclati si applicheranno le disposizioni del D.M. 8 maggio 2003, n. 203, *Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo*.

1.4.2 Riutilizzo delle terre e rocce da scavo

La possibilità del riutilizzo delle terre e rocce da scavo è prevista dall'art. 185 del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, come sostituito dall'art. 13 del D.Lgs. n. 205/2010.

Al comma 1 dell'art. 185 è disposto che non rientrano nel campo di applicazione della parte quarta del D.Lgs. n. 152/2006:

- il terreno (in situ), inclusi il suolo contaminato non scavato e gli edifici collegati permanentemente al terreno, fermo restando quanto previsto dagli artt. 239 e seguenti relativamente alla bonifica di siti contaminati dello stesso D.Lgs. n. 152/2006;
- il suolo non contaminato e altro materiale allo stato naturale escavato nel corso di attività di costruzione, ove sia certo che esso verrà riutilizzato a fini di costruzione allo stato naturale e nello stesso sito in cui è stato escavato.

1.5 Art. 5. Norme di riferimento e marcatura CE

I materiali utilizzati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva sui prodotti da costruzione 89/106/CEE (CPD), recepita in Italia mediante il regolamento di attuazione D.P.R. n. 246/1993. Qualora il materiale da utilizzare sia compreso nei prodotti coperti dalla predetta direttiva, ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle singole norme armonizzate, secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa vigente. I materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere dovranno rispondere alle prescrizioni contrattuali, e in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo, e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi e dai regolamenti e norme UNI applicabili, anche se non espressamente richiamate nel presente capitolato speciale d'appalto.

In assenza di nuove e aggiornate norme UNI, il direttore dei lavori potrà riferirsi alle norme ritirate o sostitutive. In generale, si applicheranno le prescrizioni del presente capitolato speciale d'appalto. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'appaltatore riterrà di sua convenienza, purché, a insindacabile giudizio della direzione lavori, ne sia riconosciuta l'idoneità e la rispondenza ai requisiti prescritti dagli accordi contrattuali.

1.6 Art. 6. Provvista dei materiali

Se gli atti contrattuali non contengono specifica indicazione, l'appaltatore è libero di scegliere il luogo ove prelevare i materiali necessari alla realizzazione del lavoro, purché essi abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto. Le eventuali modifiche di tale scelta non comportano diritto al riconoscimento di maggiori oneri né all'incremento dei prezzi pattuiti. Nel prezzo dei materiali sono compresi tutti gli oneri derivanti all'appaltatore dalla loro fornitura a piè d'opera, compresa ogni spesa per eventuali aperture di cave, estrazioni, trasporto da qualsiasi distanza e con qualsiasi mezzo, occupazioni temporanee e ripristino dei luoghi.

1.7 Art. 7. Sostituzione dei luoghi di provenienza dei materiali previsti in contratto

Qualora gli atti contrattuali prevedano il luogo di provenienza dei materiali, il direttore dei lavori può prescrivere uno diverso, ove ricorrano ragioni di necessità o convenienza.

Nel caso in cui il cambiamento comporterà una differenza in più o in meno del quinto del prezzo contrattuale del materiale, si farà luogo alla determinazione del nuovo prezzo ai sensi del regolamento n. 207/207.

Qualora i luoghi di provenienza dei materiali siano indicati negli atti contrattuali, l'appaltatore non può cambiarli senza l'autorizzazione scritta del direttore dei lavori, che riporti l'espressa approvazione del responsabile del procedimento.

1.8 Art. 8. Accertamenti di laboratorio e verifiche tecniche

Gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche obbligatorie, ovvero specificamente previsti dal presente capitolato speciale d'appalto, devono essere disposti dalla direzione dei lavori, imputando la spesa a carico delle somme a disposizione accantonate a tale titolo nel quadro economico dei lavori in appalto. Per le stesse prove, la direzione dei lavori deve provvedere al prelievo del relativo campione e alla redazione dell'apposito verbale in contraddittorio con l'impresa; la certificazione effettuata dal laboratorio ufficiale prove materiali deve riportare espresso riferimento a tale verbale. La direzione dei lavori può disporre ulteriori prove e analisi, ancorché non prescritte dal presente capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali, dei componenti o delle lavorazioni. Le relative spese saranno poste a carico dell'appaltatore.

Per le opere e i materiali strutturali, le verifiche tecniche devono essere condotte in applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

1.9 Art. 9. Indennità per occupazioni temporanee e danni arrecati

A richiesta della stazione appaltante, l'appaltatore deve dimostrare di avere adempiuto alle prescrizioni della legge sulle espropriazioni per causa di pubblica utilità, ove contrattualmente siano state poste a suo carico, e di aver pagato le indennità per le occupazioni temporanee o per i danni arrecati a terzi.

2 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

2.1 Art. 10. Identificazione, certificazione e accettazione

I materiali e i prodotti per uso strutturale, in applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008, devono essere:

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

2.2 Art. 10b. Procedure e prove sperimentali d'accettazione

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

I laboratori dovranno fare parte dell'albo dei laboratori ufficiali depositato presso il servizio tecnico centrale del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti.

Nei casi in cui per materiali e prodotti per uso strutturale è prevista la marcatura CE ai sensi del D.P.R. 21 aprile 1993, n. 246, ovvero la qualificazione secondo le Nuove norme tecniche, la relativa attestazione di conformità deve essere consegnata alla direzione dei lavori.

Negli altri casi, l'idoneità all'uso va accertata attraverso le procedure all'uopo stabilite dal servizio tecnico centrale, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici, che devono essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate, ovvero a quelle previste nelle Nuove norme tecniche.

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

Il direttore dei lavori, per i materiali e i prodotti destinati alla realizzazione di opere strutturali e, in generale, nelle opere di ingegneria civile, ai sensi del paragrafo 2.1 delle Nuove norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008, deve, se necessario, ricorrere a procedure e prove sperimentali d'accettazione, definite su insiemi statistici significativi.

Procedure di controllo di produzione in fabbrica

I produttori di materiali, prodotti o componenti disciplinati dalle Nuove norme tecniche approvate dal D.M. 14 gennaio 2008, devono dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per *controllo di produzione nella fabbrica* si intende il controllo permanente della produzione effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante devono essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto o ente di controllo.

2.3 Art. 11. Componenti del calcestruzzo

2.3.1 Leganti per opere strutturali

Nelle opere strutturali devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di certificato di conformità (rilasciato da un organismo europeo notificato) a una norma armonizzata della serie **UNI EN 197** ovvero a uno specifico benestare tecnico europeo (ETA), perché idonei all'impiego previsto, nonché, per quanto non in contrasto, conformi alle prescrizioni di cui alla legge 26 maggio 1965, n. 595.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

L'impiego dei cementi richiamati all'art. 1, lettera C della legge n. 595/1965, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

Per la realizzazione di dighe e altre simili opere massive dove è richiesto un basso calore di idratazione, devono essere utilizzati i cementi speciali con calore di idratazione molto basso conformi alla norma europea armonizzata **UNI EN 14216**, in possesso di un certificato di conformità rilasciato da un organismo di certificazione europeo notificato.

Qualora il calcestruzzo risulti esposto a condizioni ambientali chimicamente aggressive, si devono utilizzare cementi per i quali siano prescritte, da norme armonizzate europee e, fino alla disponibilità di esse, da norme nazionali, adeguate proprietà di resistenza ai solfati e/o al dilavamento o a eventuali altre specifiche azioni aggressive.

2.3.2 Fornitura

I sacchi per la fornitura dei cementi devono essere sigillati e in perfetto stato di conservazione.

Se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, il cemento potrà essere rifiutato dalla direzione dei lavori e dovrà essere sostituito con altro idoneo. Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità del cemento potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi presso laboratori ufficiali. L'impresa deve disporre in cantiere di silos per lo stoccaggio del cemento, che ne consentano la conservazione in idonee condizioni termogravimetriche.

2.3.3 Marchio di conformità

L'attestato di conformità autorizza il produttore ad apporre il marchio di conformità sull'imballaggio e sulla documentazione di accompagnamento relativa al cemento certificato. Il marchio di conformità è costituito dal simbolo dell'organismo abilitato seguito da:

- nome del produttore e della fabbrica ed eventualmente del loro marchio o dei marchi di identificazione;
- ultime due cifre dell'anno nel quale è stato apposto il marchio di conformità;
- numero dell'attestato di conformità;
- descrizione del cemento;
- estremi del decreto.

Ogni altra dicitura deve essere stata preventivamente sottoposta all'approvazione dell'organismo abilitato.

Tabella Requisiti meccanici e fisici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)

Classe	Resistenza alla compressione (N/mm ²)				Tempo inizio presa (min)	Espansione (mm)
	Resistenza iniziale		Resistenza normalizzata 28 giorni			
	2 giorni	7 giorni				
32,5	-	> 16	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 80	≤ 10
32,5 R	> 10	-				
4,25	> 10	-	≥ 42,5	≤ 62,5		
4,25 R	> 20	-				
52,5	> 20	-	≥ 52,5	-	≥ 45	
52,5 R	> 30	-				

Tabella Requisiti chimici dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)

UNI EN				
Proprietà	Prova secondo	Tipo di cemento	Classe di resistenza	Requisiti ¹
Perdita al fuoco	EN 196-2	CEM I - CEM III	Tutte le classi	≤ 5,0%
Residuo insolubile	EN 196-2	CEM I - CEM III	Tutte le classi	≤ 5,0%
Solfati come (SO ₃)	EN 196-2	CEM I CEM II ² CEM IV CEM V	32,5 32,5 R 42,5	≤ 3,5%

		CEM III ²	42,5 R 52,5 R 52,5 R	≤ 4,0%
Cloruri	EN 196-21	Tutti i tipi ⁴	Tutte le classi	≤ 0,10%
Pozzolanicità	EN 196-5	CEM IV	Tutte le classi	Esito positivo della prova

¹ I requisiti sono espressi come percentuale in massa. ² Questa indicazione comprende i cementi tipo CEM III/A e CEM III/B, ivi compresi i cementi Portland composti contenenti solo un altro componente principale, per esempio II/A-S o II/B-V, salvo il tipo CEM III/A-T, che può contenere fino al 4,5% di SO₃ per tutte le classi di resistenza. ³ Il cemento tipo CEM III/C può contenere fino al 4,5% di SO₃. ⁴ Il cemento tipo CEM III può contenere più dello 0,100% di cloruri, ma, in tal caso, si dovrà dichiarare il contenuto effettivo in cloruri.

Tabella Valori limite dei cementi (D.M. 12 luglio 1999, n. 314)

Proprietà		Valori limite					
		Classe di resistenza					
		32,5	32,5R	42,5	42,5R	52,5	42,5R
Limite inferiore di resistenza (N/mm ²)	2 giorni	-	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
	7 giorni	14,0	-	-	-	-	-
	28 giorni	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0
Tempo di inizio presa - Limite inferiore (min)		45				40	
Stabilità (mm) - Limite superiore		11					
Contenuto di SO ₃ (%) - Limite superiore	Tipo I Tipo II ¹ Tipo IV Tipo V	4,0				4,5	
	Tipo III/A Tipo III/B	4,5					
	Tipo III/C	5,0					
Contenuto di cloruri (%) - Limite superiore ²		0,11					
Pozzolanicità		Positiva a 15 giorni					

¹ Il cemento tipo II/B può contenere fino al 5% di SO₃ per tutte le classi di resistenza. ² Il cemento tipo III può contenere più dello 0,11% di cloruri, ma in tal caso deve essere dichiarato il contenuto reale di cloruri.

2.3.4 Metodi di prova

Ai fini dell'accettazione dei cementi la direzione dei lavori potrà effettuare le seguenti prove:

UNI EN 196-1 - Metodi di prova dei cementi. Parte 1. Determinazione delle resistenze meccaniche;

UNI EN 196-2 - Metodi di prova dei cementi. Parte 2. Analisi chimica dei cementi;

UNI EN 196-3 - Metodi di prova dei cementi. Parte 3. Determinazione del tempo di presa e della stabilità;

UNI ENV SPERIMENTALE 196-4 - Metodi di prova dei cementi. Parte 4. Determinazione quantitativa dei costituenti;

UNI EN 196-5 - Metodi di prova dei cementi. Parte 5. Prova di pozzolanicità dei cementi pozzolanici;

UNI EN 196-6 - Metodi di prova dei cementi. Parte 6. Determinazione della finezza;

UNI EN 196-7 - Metodi di prova dei cementi. Parte 7. Metodi di prelievo e di campionatura del cemento;

UNI EN 196-8 - Metodi di prova dei cementi. Parte 8. Calore d'idratazione. Metodo per soluzione;

UNI EN 196-9 - Metodi di prova dei cementi. Parte 9. Calore d'idratazione. Metodo semiadiabatico;

UNI EN 196-10 - Metodi di prova dei cementi. Parte 10. Determinazione del contenuto di cromo (VI) idrosolubile nel cemento;

UNI EN 196-21 - Metodi di prova dei cementi. Determinazione del contenuto di cloruri, anidride carbonica e alcali nel cemento;

UNI EN 197-1 - Cemento. Parte 1. Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni;

UNI EN 197-2 - Cemento. Parte 2. Valutazione della conformità;

UNI EN 197-4 - Cemento. Parte 4. Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi d'altoforno con bassa resistenza iniziale;

UNI 10397 - Cementi. Determinazione della calce solubilizzata nei cementi per dilavamento con acqua distillata;

UNI EN 413-1 - Cemento da muratura. Parte 1. Composizione, specifiche e criteri di conformità;

UNI EN 413-2 - Cemento da muratura. Parte 2: Metodi di prova;

UNI 9606 - Cementi resistenti al dilavamento della calce. Classificazione e composizione.

2.3.5 Aggregati

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

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo, secondo i limiti di cui alla tabella 11.4, a condizione che la miscela di calcestruzzo confezionata con aggregati riciclati venga preliminarmente qualificata e documentata attraverso idonee prove di laboratorio. Per tali aggregati, le prove di controllo di produzione in fabbrica di cui ai prospetti H1, H2 ed H3 dell'annesso ZA della norma europea armonizzata **UNI EN 12620**, per le parti rilevanti, devono essere effettuate ogni 100 tonnellate di aggregato prodotto e, comunque, negli impianti di riciclo, per ogni giorno di produzione.

Tabella Limiti di impiego degli aggregati grossi provenienti da riciclo

Origine del materiale da riciclo	Classe del calcestruzzo	Percentuale di impiego
Demolizioni di edifici (macerie)	= C8/10	fino al 100%
Demolizioni di solo calcestruzzo e calcestruzzo armato	≤ C30/37	≤ 30%
	≤ C20/25	fino al 60%
Riutilizzo di calcestruzzo intero negli stabilimenti di prefabbricazione qualificati (da qualsiasi classe > C45/55)	≤ C45/55 Stessa classe del calcestruzzo di origine	fino al 15% fino al 5%

Si potrà fare utile riferimento alle norme **UNI 8520-1** e **UNI 8520-2** al fine di individuare i requisiti chimico-fisici, aggiuntivi rispetto a quelli fissati per gli aggregati naturali, che gli aggregati riciclati devono rispettare, in funzione della destinazione finale del calcestruzzo e delle sue proprietà prestazionali (meccaniche, di durabilità e pericolosità ambientale, ecc.), nonché quantità percentuali massime di impiego per gli aggregati di riciclo o classi di resistenza del calcestruzzo, ridotte rispetto a quanto previsto nella tabella 11.4.

Gli inerti, naturali o di frantumazione, devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose e argillose, di gesso, ecc., in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato o alla conservazione delle armature.

La ghiaia o il pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche della carpenteria del getto e all'ingombro delle armature e devono essere lavati con acqua dolce qualora ciò sia necessario per l'eliminazione di materie nocive.

Il pietrisco deve provenire dalla frantumazione di roccia compatta, non gessosa né geliva, non deve contenere impurità né materie pulverulenti e deve essere costituito da elementi le cui dimensioni soddisfino alle condizioni sopra indicate per la ghiaia.

2.3.6 Sistema di attestazione della conformità

Il sistema di attestazione della conformità degli aggregati, ai sensi del D.P.R. n. 246/1993, è indicato nella tabella 11.5.

Il sistema 2+ (certificazione del controllo di produzione in fabbrica) è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 1 del D.P.R. n. 246/1993, comprensiva della sorveglianza, giudizio e approvazione permanenti del controllo di produzione in fabbrica.

Tabella Sistema di attestazione della conformità degli aggregati

Specifiche tecniche europea armonizzata di riferimento	Uso previsto	Sistema di attestazione della conformità
Aggregati per calcestruzzo	Calcestruzzo strutturale	2+

2.3.7 Marcatura CE

Gli aggregati che devono riportare obbligatoriamente la marcatura CE sono riportati nella tabella 11.6.

La produzione dei prodotti deve avvenire con un livello di conformità 2+, certificato da un organismo notificato.

Tabella Aggregati che devono riportare la marcatura CE

Impiego aggregato	Norme di riferimento
Aggregati per calcestruzzo	UNI EN 12620
Aggregati per conglomerati bituminosi e finiture superficiali per strade, aeroporti e altre aree trafficate	UNI EN 13043
Aggregati leggeri. Parte 1: Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta da iniezione/boiacca	UNI EN 13055-1
Aggregati grossi per opere idrauliche (armourstone). Parte 1	UNI EN 13383-1
Aggregati per malte	UNI EN 13139
Aggregati per miscele non legate e miscele legate utilizzati nelle opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade	UNI EN 13242
Aggregati per massicciate ferroviarie	UNI EN 13450

2.3.8 Controlli d'accettazione

I controlli di accettazione degli aggregati da effettuarsi a cura del direttore dei lavori, come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, devono essere finalizzati alla determinazione delle caratteristiche tecniche riportate nella tabella 11.7, insieme ai relativi metodi di prova.

I metodi di prova da utilizzarsi sono quelli indicati nelle norme europee armonizzate citate, in relazione a ciascuna caratteristica.

Tabella Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale

Caratteristiche tecniche	Metodo di prova
Descrizione petrografica semplificata	UNI EN 932-3
Dimensione dell'aggregato (analisi granulometrica e contenuto dei fini)	UNI EN 933-1
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3
Dimensione per il filler	UNI EN 933-10
Forma dell'aggregato grosso (per aggregato proveniente da riciclo)	UNI EN 933-4
Resistenza alla frammentazione/frantumazione (per calcestruzzo $R_{ck} \geq C50/60$)	UNI EN 1097-2

2.3.9 Sabbia

Ferme restando le considerazioni dei paragrafi precedenti, la sabbia per il confezionamento delle malte o del calcestruzzo deve essere priva di solfati e di sostanze organiche, terrose o argillose e avere dimensione massima dei grani di 2 mm, per murature in genere, e di 1 mm, per gli intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio.

La sabbia naturale o artificiale deve risultare bene assortita in grossezza e costituita da grani resistenti, non provenienti da roccia decomposta o gessosa. Essa deve essere scricchiolante alla mano, non lasciare traccia di sporco, non contenere materie organiche, melmose o comunque dannose. Prima dell'impiego, se necessario, deve essere lavata con acqua dolce per eliminare eventuali materie nocive.

2.3.10 Verifiche sulla qualità

La direzione dei lavori potrà accertare in via preliminare le caratteristiche delle cave di provenienza del materiale per rendersi conto dell'uniformità della roccia e dei sistemi di coltivazione e di frantumazione, prelevando dei campioni da sottoporre alle prove necessarie per caratterizzare la roccia nei riguardi dell'impiego.

Il prelevamento di campioni potrà essere omesso quando le caratteristiche del materiale risultino da un certificato emesso in seguito a esami fatti eseguire da amministrazioni pubbliche, a seguito di sopralluoghi nelle cave, e i risultati di tali indagini siano ritenuti idonei dalla direzione dei lavori.

Il prelevamento dei campioni di sabbia deve avvenire normalmente dai cumuli sul luogo di impiego; diversamente, può avvenire dai mezzi di trasporto ed eccezionalmente dai silos. La fase di prelevamento non deve alterare le caratteristiche del materiale e, in particolare, la variazione della sua composizione granulometrica e perdita di materiale fine. I metodi di prova possono riguardare l'analisi granulometrica e il peso specifico reale.

2.3.10.1 Norme per gli aggregati per la confezione di calcestruzzi

Riguardo all'accettazione degli aggregati impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 11.7, può fare riferimento anche alle seguenti norme:

UNI 8520-1 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Definizione, classificazione e caratteristiche;*

UNI 8520-2 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Requisiti;*

UNI 8520-7 - *Aggregati per la confezione calcestruzzi. Determinazione del passante allo staccio 0,075 UNI 2332;*

UNI 8520-8 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione del contenuto di grumi di argilla e particelle friabili;*

UNI 8520-13 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati fini;*

UNI 8520-16 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della massa volumica e dell'assorbimento degli aggregati grossi (metodi della pesata idrostatica e del cilindro);*

UNI 8520-17 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della resistenza a compressione degli aggregati grossi;*

UNI 8520-20 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della sensibilità al gelo e disgelo degli aggregati grossi;*

UNI 8520-21 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Confronto in calcestruzzo con aggregati di caratteristiche note;*

UNI 8520-22 - *Aggregati per la confezione di calcestruzzi. Determinazione della potenziale reattività degli aggregati in presenza di alcali;*

UNI EN 1367-2 - *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Prova al solfato di magnesio;*

UNI EN 1367-4 - *Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati. Determinazione del ritiro per essiccamento;*

UNI EN 12620 - *Aggregati per calcestruzzo;*

UNI EN 1744-1 - *Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati. Analisi chimica;*

UNI EN 13139 - *Aggregati per malta.*

2.3.10.2 Norme di riferimento per gli aggregati leggeri

Riguardo all'accettazione degli aggregati leggeri impiegati per il confezionamento degli impasti di calcestruzzo, il direttore dei lavori, fermi restando i controlli della tabella 11.7, potrà fare riferimento anche alle seguenti norme:

UNI EN 13055-1 - *Aggregati leggeri per calcestruzzo, malta e malta per iniezione;*

UNI EN 13055-2 - *Aggregati leggeri per miscele bituminose, trattamenti superficiali e per applicazioni in strati legati e non legati;*

UNI 11013 - *Aggregati leggeri. Argilla e scisto espanso. Valutazione delle proprietà mediante prove su calcestruzzo convenzionale.*

2.3.10.3 Aggiunte

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

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

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

2.3.10.4 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, ecc.) che possano danneggiare o ritardare la presa e l'indurimento del cemento.

Particolare attenzione dovrà essere prestata alla costanza delle loro caratteristiche, che devono soddisfare i requisiti della norma **UNI EN 450**.

Il dosaggio delle ceneri volanti non deve superare il 25% del peso del cemento. Detta aggiunta non deve essere computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di ceneri praticata non comporti un incremento della richiesta di additivo per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di ceneri maggiore dello 0,2%.

NORME DI RIFERIMENTO

UNI EN 450-1 - *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 1: Definizione, specificazioni e criteri di conformità;*

UNI EN 450-2 - *Ceneri volanti per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità;*

UNI EN 451-1 - *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione del contenuto di ossido di calcio libero;*

UNI EN 451-2 - *Metodo di prova delle ceneri volanti. Determinazione della finezza mediante staccatura umida.*

2.3.10.5 Microsilice

La silice attiva colloidale amorfa è costituita da particelle sferiche isolate di SiO₂, con diametro compreso tra 0,01 e 0,5 micron, e ottenuta da un processo di tipo metallurgico, durante la produzione di silice metallica o di leghe ferro-silicio, in un forno elettrico ad arco.

La silice fume può essere fornita allo stato naturale, così come può essere ottenuta dai filtri di depurazione sulle ciminiere delle centrali a carbone oppure come sospensione liquida di particelle con contenuto secco di 50% in massa.

Si dovrà porre particolare attenzione al controllo in corso d'opera del mantenimento della costanza delle caratteristiche granulometriche e fisico-chimiche.

Il dosaggio della silice fume non deve comunque superare il 7% del peso del cemento. Tale aggiunta non sarà computata in alcun modo nel calcolo del rapporto acqua/cemento.

Se si utilizzano cementi di tipo I, potrà essere computata nel dosaggio di cemento e nel rapporto acqua/cemento una quantità massima di tale aggiunta pari all'11% del peso del cemento.

Nella progettazione del mix design e nelle verifiche periodiche da eseguire, andrà comunque verificato che l'aggiunta di microsilice praticata non comporti un incremento della richiesta dell'additivo maggiore dello 0,2%, per ottenere la stessa fluidità dell'impasto privo di silice fume.

2.3.10.6 Norme di riferimento

UNI 8981-8 - *Durabilità delle opere e degli elementi prefabbricati di calcestruzzo. Istruzioni per prevenire la reazione alcali-silice;*

UNI EN 13263-1 - *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 1: Definizioni, requisiti e criteri di conformità;*

UNI EN 13263-2 - *Fumi di silice per calcestruzzo. Parte 2: Valutazione della conformità.*

2.3.10.7 Additivi

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

Gli additivi per impasti cementizi si intendono classificati come segue:

- fluidificanti;
- aeranti;
- ritardanti;
- acceleranti;
- fluidificanti-aeranti;
- fluidificanti-ritardanti;
- fluidificanti-acceleranti;
- antigelo-superfluidificanti.

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

L'impiego di eventuali additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività.

Gli additivi dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

- essere opportunamente dosati rispetto alla massa del cemento;
- non contenere componenti dannosi alla durabilità del calcestruzzo;
- non provocare la corrosione dei ferri d'armatura;
- non interagire sul ritiro o sull'espansione del calcestruzzo. In caso contrario, si dovrà procedere alla determinazione della stabilità dimensionale.

Gli additivi da utilizzarsi, eventualmente, per ottenere il rispetto delle caratteristiche delle miscele in conglomerato cementizio, potranno essere impiegati solo dopo una 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.

Per le modalità di controllo e di accettazione il direttore dei lavori potrà far eseguire prove o accettare l'attestazione di conformità alle norme vigenti.

2.3.10.8 Additivi acceleranti

Gli additivi acceleranti, allo stato solido o liquido, hanno la funzione di addensare la miscela umida fresca e portare ad un rapido sviluppo delle resistenze meccaniche.

Il dosaggio degli additivi acceleranti dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. In caso di prodotti che non contengono cloruri, tali valori possono essere incrementati fino al 4%. Per evitare concentrazioni del prodotto, lo si dovrà opportunamente diluire prima dell'uso.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

2.3.10.9 Additivi ritardanti

Gli additivi ritardanti potranno essere eccezionalmente utilizzati, previa idonea qualifica e preventiva approvazione da parte della direzione dei 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. La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima dell'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione devono essere eseguite di regola dopo la stagionatura di 28 giorni e la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma.

2.3.10.10 Additivi antigelo

Gli additivi antigelo sono da utilizzarsi nel caso di getto di calcestruzzo effettuato in periodo freddo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Il dosaggio degli additivi antigelo dovrà essere contenuto tra lo 0,5 e il 2% (ovvero come **UNI EN 934-2** indicato dal fornitore) del peso del cemento, che dovrà essere del tipo ad alta resistenza e in

dosaggio superiore rispetto alla norma. Per evitare concentrazioni del prodotto, prima dell'uso, dovrà essere opportunamente miscelato al fine di favorire la solubilità a basse temperature.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego, mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi d'inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione di regola devono essere eseguite dopo la stagionatura di 28 giorni, la presenza dell'additivo non deve comportare diminuzione della resistenza del calcestruzzo.

2.3.10.11 Additivi fluidificanti e superfluidificanti

Gli additivi fluidificanti sono da utilizzarsi per aumentare la fluidità degli impasti, mantenendo costante il rapporto acqua/cemento e la resistenza del calcestruzzo, previa autorizzazione della direzione dei lavori.

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 direzione dei lavori potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento.

Il dosaggio degli additivi fluidificanti dovrà essere contenuto tra lo 0,2 e lo 0,3% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento. Gli additivi superfluidificanti vengono aggiunti in quantità superiori al 2% rispetto al peso del cemento.

In generale, per quanto non specificato si rimanda alla norma **UNI EN 934-2**.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- la determinazione della consistenza dell'impasto mediante l'impiego della tavola a scosse con riferimento alla norma **UNI 8020**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la prova di essudamento prevista dalla norma **UNI 7122**.

2.3.10.12 Additivi aeranti

Gli additivi aeranti sono da utilizzarsi per migliorare la resistenza del calcestruzzo ai cicli di gelo e disgelo, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra lo 0,005 e lo 0,05% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- la determinazione del contenuto d'aria secondo la norma **UNI EN 12350-7**;
- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- prova di resistenza al gelo secondo la norma **UNI 7087**;
- prova di essudamento secondo la norma **UNI 7122**.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

2.3.10.13 Norme di riferimento

La direzione dei lavori, per quanto non specificato, per valutare l'efficacia degli additivi potrà disporre l'esecuzione delle seguenti prove:

UNI 7110 - *Additivi per impasti cementizi. Determinazione della solubilità in acqua distillata e in acqua satura di calce*;

UNI 10765 - *Additivi per impasti cementizi. Additivi multifunzionali per calcestruzzo. Definizioni, requisiti e criteri di conformità*;

UNI EN 480 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 4: Determinazione della quantità di acqua essudata del calcestruzzo;

UNI EN 480-5 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 5: Determinazione dell'assorbimento capillare;

UNI EN 480-6 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 6: Analisi all'infrarosso;

UNI EN 480-8 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Determinazione del tenore di sostanza secca convenzionale;

UNI EN 480-10 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Determinazione del tenore di cloruri solubili in acqua;

UNI EN 480-11 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 11: Determinazione delle caratteristiche dei vuoti di aria nel calcestruzzo indurito;

UNI EN 480-12 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 12: Determinazione del contenuto di alcali negli additivi;

UNI EN 480-13 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 13: Malta da muratura di riferimento per le prove sugli additivi per malta;

UNI EN 480-14 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Metodi di prova. Parte 14: Determinazione dell'effetto sulla tendenza alla corrosione dell'acciaio di armatura mediante prova elettrochimica potenziostatica;

UNI EN 934-1 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 1. Requisiti comuni;

UNI EN 934-2 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 2. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

UNI EN 934-3 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 3. Additivi per malte per opere murarie. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

UNI EN 934-4 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 4. Additivi per malta per iniezione per cavi di precompressione. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

UNI EN 934-5 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 5. Additivi per calcestruzzo proiettato. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura;

UNI EN 934-6 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Parte 6. Campionamento, controllo e valutazione della conformità.

2.3.10.14 Agenti espansivi

Gli agenti espansivi sono da utilizzarsi per aumentare il volume del calcestruzzo sia in fase plastica sia indurito, previa autorizzazione della direzione dei lavori. La quantità dell'aerante deve essere compresa tra il 7 e il 10% (ovvero come indicato dal fornitore) del peso del cemento.

La direzione dei lavori si riserva di verificare la loro azione prima e dopo l'impiego mediante:

- l'esecuzione di prove di resistenza meccanica del calcestruzzo previste dal paragrafo 11.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 e norme UNI applicabili per la fornitura contrattuale;
- la determinazione dei tempi di inizio e fine presa del calcestruzzo additivato mediante la misura della resistenza alla penetrazione, da eseguire con riferimento alla norma **UNI 7123**.

Le prove di resistenza a compressione del calcestruzzo, di regola, devono essere eseguite dopo la stagionatura.

Norme di riferimento

UNI 8146 - Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Idoneità e relativi metodi di controllo;

UNI 8147 - Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata della malta contenente l'agente espansivo;

UNI 8148 - Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione dell'espansione contrastata del calcestruzzo contenente l'agente espansivo;

UNI 8149 - Agenti espansivi non metallici per impasti cementizi. Determinazione della massa volumica.

2.3.10.15 Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo

Gli eventuali prodotti antievaporanti filmogeni devono rispondere alle norme comprese tra **UNI 8656** e **UNI 8660**. L'appaltatore deve preventivamente sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori la documentazione tecnica sul prodotto e sulle modalità di applicazione. Il direttore dei lavori deve accertarsi che il materiale impiegato sia compatibile con prodotti di successive lavorazioni (per esempio, con il primer di adesione di guaine per impermeabilizzazione di solette) e che non interessi le zone di ripresa del getto.

Norme di riferimento

UNI 8656 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti;

UNI 8657 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d'acqua;

UNI 8658 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento;

UNI 8659 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco;

UNI 8660 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.

2.3.10.16 Prodotti disarmanti

Come disarmanti per le strutture in cemento armato, 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, specie se a faccia vista.

2.3.10.17 Acqua di impasto

L'acqua per gli impasti deve essere dolce, limpida, priva di sali in percentuali dannose (particolarmente solfati e cloruri), priva di materie terrose e non aggressiva.

L'acqua, a discrezione della direzione dei lavori, in base al tipo di intervento o di uso, potrà essere trattata con speciali additivi, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti l'impasto.

È vietato l'impiego di acqua di mare.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma **UNI EN 1008**, come stabilito dalle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

A discrezione della direzione dei lavori, l'acqua potrà essere trattata con speciali additivi, in base al tipo di intervento o di uso, per evitare l'insorgere di reazioni chimico-fisiche al contatto con altri componenti d'impasto.

Tabella 11.8. Acqua di impasto

Caratteristica	Prova	Limiti di accettabilità
Ph	Analisi chimica	Da 5,5 a 8,5
Contenuto solfati	Analisi chimica	SO ₄ minore 800 mg/l
Contenuto cloruri	Analisi chimica	Cl minore 300 mg/l
Contenuto acido solfidrico	Analisi chimica	minore 50 mg/l
Contenuto totale di sali minerali	Analisi chimica	minore 3000 mg/l
Contenuto di sostanze organiche	Analisi chimica	minore 100 mg/l
Contenuto di sostanze solide sospese	Analisi chimica	minore 2000 mg/l

Classi di resistenza del conglomerato cementizio

Classi di resistenza

Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale, si può fare utile riferimento a quanto indicato nella norma **UNI EN 206-1** e nella norma **UNI 11104**.

Sulla base della denominazione normalizzata, vengono definite le classi di resistenza riportate in tabella 11.9.

Tabella 11.9. Classi di resistenza

Classi di resistenza	
C8/10	
C12/15	
C16/20	
C20/25	
C25/30	
C28/35	
C32/40	
C35/45	
C40/50	
C45/55	
C50/60	
C55/67	
C60/75	
C70/85	
C80/95	
C90/105	

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano impiego secondo quanto riportato nella tabella 11.10, fatti salvi i limiti derivanti dal rispetto della durabilità.

Per classi di resistenza superiore a C70/85 si rinvia al paragrafo 11.9.2 di questo capitolato. Per le classi di resistenza superiori a C45/55, la resistenza caratteristica e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e durabilità del conglomerato devono essere accertate prima dell'inizio dei lavori tramite un'apposita sperimentazione preventiva e la produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

Tabella Impiego delle diverse classi di resistenza

Strutture di destinazione	Classe di resistenza minima
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11 N.T.)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

2.3.10.18 Costruzioni di altri materiali

I materiali non tradizionali o non trattati nelle Norme tecniche per le costruzioni potranno essere utilizzati per la realizzazione di elementi strutturali o opere, previa autorizzazione del servizio tecnico centrale su parere del Consiglio superiore dei lavori pubblici, autorizzazione che riguarderà l'utilizzo del materiale nelle specifiche tipologie strutturali proposte sulla base di procedure definite dal servizio tecnico centrale.

Si intende qui riferirsi a materiali quali calcestruzzi di classe di resistenza superiore a C70/85, calcestruzzi fibrorinforzati, acciai da costruzione non previsti nel paragrafo 4.2 delle Norme tecniche per le costruzioni, leghe di alluminio, leghe di rame, travi tralicciate in acciaio conglobate nel getto di calcestruzzo collaborante, materiali polimerici fibrorinforzati, pannelli con poliuretano o polistirolo collaborante, materiali murari non tradizionali, vetro strutturale, materiali diversi dall'acciaio con funzione di armatura da cemento armato.

2.4 Art. 12. Acciaio per cemento armato

2.4.1 Le forme di controllo obbligatorie

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni per tutti gli acciai prevedono tre forme di controllo obbligatorie (paragrafo 11.3.1):

- 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.

A tale riguardo si definiscono:

- lotti di produzione: si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 t;
- forniture: sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee;
- lotti di spedizione: sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi valori delle grandezze nominali omogenee.

2.4.2 La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve essere costantemente riconoscibile, per quanto concerne le caratteristiche qualitative, e rintracciabile, per quanto concerne lo stabilimento di produzione.

Il marchio indelebile deve essere depositato presso il servizio tecnico centrale e deve consentire, in maniera inequivocabile, di risalire:

- all'azienda produttrice;
- allo stabilimento;
- al tipo di acciaio e alla sua eventuale saldabilità.

Per *stabilimento* si intende un'unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso produttore, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato. Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali, per esempio, l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, la targhetatura, la sigillatura dei fasci e altri. Permane, comunque, l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda le barre e i rotoli.

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

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

Tenendo presente che gli elementi determinanti della marcatura sono la sua inalterabilità nel tempo e l'impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al servizio tecnico centrale, e deve comunicare tempestivamente le eventuali modifiche apportate.

Il prodotto di acciaio non può essere impiegato in caso di:

- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;
- illeggibilità, anche parziale, della marcatura.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal servizio tecnico centrale.

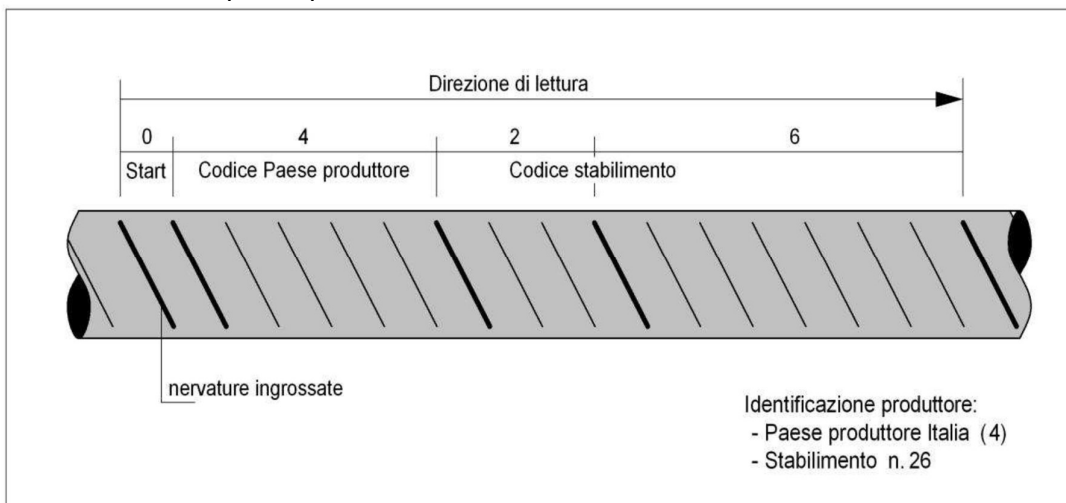
Nella tabella 12.1 si riportano i numeri di identificazione del paese di origine del produttore dell'acciaio previsti dalla norma **UNI EN 10080**, caratterizzanti nervature consecutive. Nel caso specifico dell'Italia si hanno quattro nervature consecutive.

Tabella Numeri di identificazione del paese di origine del produttore dell'acciaio previsti dalla norma UNI EN 10080

Paese produttore	Numero di nervature trasversali normali tra l'inizio della marcatura e la nervatura rinforzata successiva
Austria, Germania	1
Belgio, Lussemburgo, Paesi Bassi, Svizzera	2

IDENTIFICAZIONE DEL PRODUTTORE

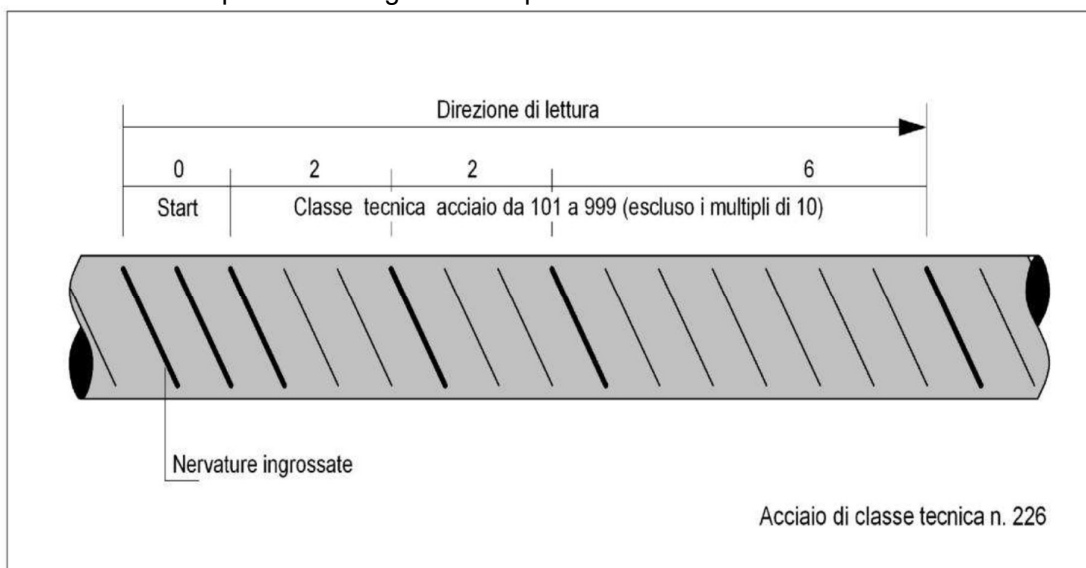
Il criterio di identificazione dell'acciaio prevede che su un lato della barra/rotolo vengano riportati dei simboli che identificano l'inizio di lettura del marchio (start: due nervature ingrossate consecutive), l'identificazione del paese produttore e dello stabilimento.



Identificazione del produttore

IDENTIFICAZIONE DELLA CLASSE TECNICA

Sull'altro lato della barra/rotolo, l'identificazione prevede dei simboli che identificano l'inizio della lettura (start: tre nervature ingrossate consecutive) e un numero che identifica la classe tecnica dell'acciaio che deve essere depositata presso il registro europeo dei marchi, da 101 a 999 escludendo i multipli di 10. La figura 12.2 riporta è riferito a un acciaio di classe tecnica n. 226.



Identificazione della classe tecnica

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio ufficiale non possono assumere valenza ai sensi delle Norme tecniche per le costruzioni e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

Il caso dell'unità marcata scorporata. Le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori per le prove di laboratorio

Può accadere che durante il processo costruttivo, presso gli utilizzatori, presso i commercianti o presso i trasformatori intermedi, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marcatura del prodotto. In questo caso, tanto gli utilizzatori quanto i commercianti e i trasformatori intermedi, oltre a dover predisporre idonee zone di stoccaggio, hanno la responsabilità di documentare la provenienza del prodotto mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il servizio tecnico centrale.

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

Conservazione della documentazione d'accompagnamento

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

Indicazione del marchio identificativo nei certificati delle prove meccaniche

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento sia in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove.

Nel caso i campioni fossero sprovvisti del marchio identificativo, ovvero il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il servizio tecnico centrale, il laboratorio dovrà tempestivamente informare di ciò il servizio tecnico centrale e il direttore dei lavori.

Le certificazioni così emesse non possono assumere valenza ai fini della vigente normativa, il materiale non può essere utilizzato e il direttore dei lavori deve prevedere, a cura e spese dell'impresa, l'allontanamento dal cantiere del materiale non conforme.

Forniture e documentazione di accompagnamento: l'attestato di qualificazione

Le Nuove norme tecniche stabiliscono che tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale (paragrafo 11.3.1.5).

L'attestato di qualificazione può essere utilizzato senza limitazione di tempo, inoltre deve riportare il riferimento al documento di trasporto.

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

Il direttore dei lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi.

Centri di trasformazione

Le Nuove norme tecniche (paragrafo 11.3.2.6) definiscono *centro di trasformazione*, nell'ambito degli acciai per cemento armato, un impianto esterno al produttore e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in opere in cemento armato quali, per esempio, elementi saldati e/o presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura), pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni.

Il centro di trasformazione deve possedere tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

Rintracciabilità dei prodotti

Il centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale.

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

Documentazione di accompagnamento e verifiche del direttore dei lavori

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un trasformatore devono essere accompagnati da idonea documentazione che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso. In particolare, ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve 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;

- dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il direttore dei lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

Il direttore dei lavori è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Della documentazione di cui sopra dovrà prendere atto il collaudatore statico, che deve riportare nel certificato di collaudo statico gli estremi del centro di trasformazione che ha fornito l'eventuale materiale lavorato.

I tipi d'acciaio per cemento armato

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni ammettono esclusivamente l'impiego di acciai saldabili e nervati idoneamente qualificati secondo le procedure previste dalle stesse norme e controllati con le modalità previste per gli acciai per cemento armato precompresso e per gli acciai per carpenterie metalliche.

I tipi di acciai per cemento armato sono indicati nella tabella 12.2.

Tabella Tipi di acciai per cemento armato

Tipi di acciaio per cemento armato previsti dalle norme precedenti	Tipi di acciaio previsti dal D.M. 14 gennaio 2008 (saldabili e ad aderenza migliorata)
FeB22k e FeB32k (barre tonde lisce)	B450C ($6 \leq \varnothing \leq 50$ mm)
FeB38k e FeB44k (barre tonde nervate)	B450A ($5 \leq \varnothing \leq 12$ mm)

L'acciaio per cemento armato B450C

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

- $f_{y\ nom}$: 450 N/mm²;

- $f_{t\ nom}$: 540 N/mm².

e deve rispettare i requisiti indicati nella tabella 12.3.

Tabella 12.3. Acciaio per cemento armato laminato a caldo B450c

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{ynom}$	5,0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{tnom}$	5,0
$(f_t/f_{yk})_k$	$\geq 1,15 \leq 1,35$	10,0
$(f_t/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10,0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\%$	10,0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche	$\phi < 12 \text{ mm}$	4 ϕ
	$12 \leq \phi \leq 16 \text{ mm}$	5 ϕ
	per $16 < \phi \leq 25 \text{ mm}$	8 ϕ
	per $25 < \phi \leq 50 \text{ mm}$	10 ϕ

L'acciaio per cemento armato B450A

L'acciaio per cemento armato B450A (trafilato a freddo), caratterizzato dai medesimi valori nominali delle tensioni di snervamento e rottura dell'acciaio B450C, deve rispettare i requisiti indicati nella tabella 12.4.

Tabella 12.4. Acciaio per cemento armato trafileato a freddo B450A

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{ynom}$	5,0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk}	$\geq f_{tnom}$	5,0
$(f_t/f_{yk})_k$	$\geq 1,05$	10,0
$(f_t/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10,0
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 2,5\%$	10,0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche: $\phi < 10 \text{ mm}$	4 ϕ	

L'accertamento delle proprietà meccaniche

L'accertamento delle proprietà meccaniche degli acciai deve essere condotto secondo le seguenti norme (paragrafo 11.3.2.3 Nuove norme tecniche):

UNI EN ISO 15630-1 - Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. *Metodi di prova. Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato;*

UNI EN ISO 15630-2 - Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso. *Metodi di prova. Parte 2: Reti saldate.*

Per gli acciai deformati a freddo, ivi compresi i rotoli, le proprietà meccaniche devono essere determinate su provette mantenute per 60 minuti a $100 \pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$ e successivamente raffreddate in aria calma a temperatura ambiente.

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

LA PROVA DI PIEGAMENTO

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

LA PROVA DI TRAZIONE

La prova a trazione per le barre è prevista dalla norma **UNI EN ISO 15630-1**. I campioni devono essere prelevati in contraddittorio con l'appaltatore al momento della fornitura in cantiere. Gli eventuali trattamenti di invecchiamento dei provini devono essere espressamente indicati nel rapporto di prova.

La lunghezza dei campioni delle barre per poter effettuare sia la prova di trazione sia la prova di piegamento deve essere di almeno 100 cm (consigliato 150 cm).

Riguardo alla determinazione di A_{gt} , allungamento percentuale totale alla forza massima di trazione F_m , bisogna considerare che:

- se A_{gt} è misurato usando un estensimetro, A_{gt} deve essere registrato prima che il carico diminuisca più di 0,5% dal relativo valore massimo;

- se A_{gt} è determinato con il metodo manuale, A_{gt} deve essere calcolato con la seguente formula:

$$A_{gt} = A_g + R_m/2000$$

dove

A_g è l'allungamento percentuale non-proporzionale al carico massimo

$F_m R_m$ è la resistenza a trazione (N/mm²).

La misura di A_g deve essere fatta su una lunghezza della parte calibrata di 100 mm a una distanza r_2 di almeno 50 mm o $2d$ (il più grande dei due) lontano dalla frattura. Questa misura può essere considerata come non valida se la distanza r_1 fra le ganasce e la lunghezza della parte calibrata è inferiore a 20 mm o d (il più grande dei due).

La norma **15630-1** stabilisce che in caso di contestazioni deve applicarsi il metodo manuale.

Le caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è generalmente prodotto in stabilimento sotto forma di barre.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

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

La marcatura dei prodotti deve consentirne l'identificazione e la rintracciabilità.

La documentazione di accompagnamento delle forniture deve rispettare le prescrizioni stabilite dalle Norme tecniche, in particolare è necessaria per quei prodotti per i quali non sussiste l'obbligo della marcatura CE.

Le barre sono caratterizzate dal diametro ϕ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³.

I diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A, in barre e in rotoli, sono riportati nelle tabelle 12.5 e 16.6.

Tabella 12.5. Diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A in barre

Acciaio in barre	Diametro ϕ (mm)
B450C	$6 \leq \phi \leq 40$
B450A	$5 \leq \phi \leq 10$

Tabella 12.6. Diametri di impiego per gli acciai B450C e B450A in rotoli

Acciaio in rotoli	Diametro ϕ (mm)
B450C	$6 \leq \phi \leq 16$
B450A	$5 \leq \phi \leq 10$

La sagomatura e l'impiego

Le Nuove norme tecniche stabiliscono che la sagomatura e/o l'assemblaggio dei prodotti possono avvenire (paragrafo 11.3.2.4 Nuove norme tecniche):

- in cantiere, sotto la vigilanza della direzione dei lavori;
- in centri di trasformazione, solo se dotati dei requisiti previsti.

Nel primo caso, per *cantiere* si intende esplicitamente l'area recintata del cantiere, all'interno della quale il costruttore e la direzione dei lavori sono responsabili dell'approvvigionamento e lavorazione dei materiali, secondo le competenze e responsabilità che la legge da sempre attribuisce a ciascuno.

Al di fuori dell'area di cantiere, tutte le lavorazioni di sagomatura e/o assemblaggio devono avvenire esclusivamente in centri di trasformazione provvisti dei requisiti indicati dalle Nuove norme tecniche.

Le reti e i tralicci elettrosaldati

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

I tralicci sono dei componenti reticolari composti con barre e assemblati mediante saldature. Per le reti e i tralicci in acciaio (B450C o B450A), gli elementi base devono avere diametro ϕ

Tabella 12.7. Diametro ϕ degli elementi base per le reti e i tralicci in acciaio B450C e B450A

Acciaio tipo	Diametro ϕ degli elementi base
B450C	$8 \text{ mm} \leq \phi \leq 18 \text{ mm}$
B450A	$5 \text{ mm} \leq \phi \leq 10 \text{ mm}$

Il rapporto tra i diametri delle barre componenti le reti e i tralicci deve essere: $\phi_{min}/\phi_{max} \geq 0,6$.

I nodi delle reti devono resistere a una forza di distacco determinata in accordo con la norma **15630-2** pari al 25% della forza di snervamento della barra, da computarsi per quella di diametro maggiore sulla tensione di snervamento pari a 450 N/mm². Tale resistenza al distacco della saldatura del nodo deve essere controllata e certificata dal produttore di reti e di tralicci secondo le procedure di qualificazione di seguito riportate.

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

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

Nel caso di reti e tralicci formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, questi ultimi possono essere costituiti da acciai provvisti di specifica qualificazione o da elementi semilavorati quando il produttore, nel proprio processo di lavorazione, conferisca al semilavorato le caratteristiche meccaniche finali richieste dalla norma.

In ogni caso, il produttore dovrà procedere alla qualificazione del prodotto finito, rete o traliccio.

LA MARCHIATURA DI IDENTIFICAZIONE

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

La marchiatura di identificazione può essere anche costituita da sigilli o etichettature metalliche indelebili con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto, ovvero da marchiatura supplementare indelebile. In ogni caso, la marchiatura deve essere identificabile in modo permanente anche dopo l'annegamento nel calcestruzzo della rete o del traliccio elettrosaldato.

Laddove non fosse possibile tecnicamente applicare su ogni pannello o traliccio la marchiatura secondo le modalità sopra indicate, dovrà essere comunque apposta su ogni pacco di reti o tralicci un'apposita etichettatura, con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del produttore. In questo caso, il direttore dei lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere, deve verificare la presenza della predetta etichettatura.

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

La saldabilità

L'analisi chimica effettuata su colata e l'eventuale analisi chimica di controllo effettuata sul prodotto finito deve soddisfare le limitazioni riportate nella tabella 12.8, dove il calcolo del carbonio equivalente C_{eq} è effettuato con la seguente formula:

$$C_{eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

in cui i simboli chimici denotano il contenuto degli elementi stessi espresso in percentuale.

Tabella 12.8. Massimo contenuto di elementi chimici in percentuale (%)

Elemento	Simbolo	Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,013	0,012
Carbonio equivalente	C_{eq}	0,52	0,50

È possibile eccedere il valore massimo di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del C_{eq} venga ridotto dello 0,02% in massa.

Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

Le tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale dei diametri degli elementi d'acciaio deve rispettare le tolleranze riportate nella tabella 12.9.

Tabella 12.9. Deviazione ammissibile per la massa nominale

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

Le procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario, barre e rotoli

I controlli sistematici

Le prove di qualificazione e di verifica periodica, di cui ai successivi punti, devono essere ripetute per ogni prodotto avente caratteristiche differenti o realizzato con processi produttivi differenti, anche se provenienti dallo stesso stabilimento.

I rotoli devono essere soggetti a qualificazione separata dalla produzione in barre e dotati di marchiatura differenziata.

Le prove di qualificazione

Il laboratorio ufficiale prove incaricato deve effettuare, senza preavviso, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 75 saggi, ricavati da tre diverse colate o lotti di produzione, 25 per ogni colata o lotto di produzione, scelti su tre diversi diametri opportunamente differenziati, nell'ambito della gamma prodotta.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica.

Sui campioni devono essere determinati, a cura del laboratorio ufficiale incaricato, i valori delle tensioni di snervamento e rottura f_y e f_t , l'allungamento A_{gt} ed effettuate le prove di piegamento.

Le prove periodiche di verifica della qualità

Ai fini della verifica della qualità, il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari, ad intervalli non superiori a tre mesi, prelevando tre serie di cinque campioni, costituite ognuna da cinque barre di uno stesso diametro, scelte con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, e provenienti da una stessa colata.

Il prelievo deve essere effettuato su tutti i prodotti che portano il marchio depositato in Italia, indipendentemente dall'etichettatura o dalla destinazione specifica. Su tali serie il laboratorio ufficiale deve effettuare le prove di resistenza e di duttilità. I corrispondenti risultati delle prove di snervamento e di rottura vengono introdotti nelle precedenti espressioni, le quali vengono sempre riferite a cinque serie di cinque saggi, facenti parte dello stesso gruppo di diametri, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici così ottenuti vengono quindi utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche, sostitutive delle precedenti (ponendo $n = 25$).

Se i valori caratteristici riscontrati risultano inferiori ai minimi per gli acciai B450C e B450A, il laboratorio incaricato deve darne comunicazione al servizio tecnico centrale e ripetere le prove di qualificazione solo dopo che il produttore ha eliminato le cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente.

Qualora uno dei campioni sottoposti a prova di verifica della qualità non soddisfi i requisiti di duttilità per gli acciai B450C e B450A, il prelievo relativo al diametro di cui trattasi deve essere ripetuto. Il nuovo prelievo sostituisce quello precedente a tutti gli effetti. Un ulteriore risultato negativo comporta la ripetizione della qualificazione.

Le tolleranze dimensionali devono essere riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.

Su almeno un saggio per colata o lotto di produzione è calcolato il valore dell'area relativa di nervatura o di dentellatura.

Tabella Verifica di qualità per ciascuno dei gruppi di diametri

Intervallo di prelievo	Prelievo	Provenienza
≤ 1 mese	3 serie di 5 campioni 1 serie = 5 barre di uno stesso diametro	Stessa colata

Tabella Verifica di qualità non per gruppi di diametri

Intervallo di prelievo	Prelievo	Provenienza
≤ 1 mese	15 saggi prelevati da 3 diverse colate: - 5 saggi per colata o lotto di produzione indipendentemente dal diametro	Stessa colata o lotto di produzione

La verifica delle tolleranze dimensionali per colata o lotto di produzione

Ai fini del controllo di qualità, le tolleranze dimensionali di cui alla tabella 12.9 devono essere riferite alla media delle misure effettuate su tutti i saggi di ciascuna colata o lotto di produzione.

Qualora la tolleranza sulla sezione superi il $\pm 2\%$, il rapporto di prova di verifica deve riportare i diametri medi effettivi.

La facoltatività dei controlli su singole colate o lotti di produzione

I produttori già qualificati possono richiedere, di loro iniziativa, di sottoporsi a controlli su singole colate o lotti di produzione, eseguiti a cura di un laboratorio ufficiale prove. Le colate o lotti di produzione sottoposti a controllo devono essere cronologicamente ordinati nel quadro della produzione globale.

I controlli consistono nel prelievo, per ogni colata e lotto di produzione e per ciascun gruppo di diametri da essi ricavato, di un numero n di saggi, non inferiore a dieci, sui quali si effettuano le prove di verifica di qualità per gli acciai in barre, reti e tralicci elettrosaldati.

Le tensioni caratteristiche di snervamento e rottura devono essere calcolate con le espressioni per i controlli sistematici in stabilimento per gli acciai in barre e rotoli, nelle quali n è il numero dei saggi prelevati dalla colata.

I controlli nei centri di trasformazione

I controlli nei centri di trasformazione sono obbligatori e devono essere effettuati:

- in caso di utilizzo di barre, su ciascuna fornitura o comunque ogni 90 t;
- in caso di utilizzo di rotoli, ogni dieci rotoli impiegati.

Qualora non si raggiungano le quantità sopra riportate, in ogni caso deve essere effettuato almeno un controllo per ogni giorno di lavorazione.

Ciascun controllo deve essere costituito da tre spezzoni di uno stesso diametro per ciascuna fornitura, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi alle eventuali forniture provenienti da altri stabilimenti.

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

In caso di utilizzo di rotoli deve altresì essere effettuata, con frequenza almeno mensile, la verifica dell'area relativa di nervatura o di dentellatura, secondo il metodo geometrico di cui alla norma **UNI EN ISO 15630-1**.

Tutte le prove suddette devono essere eseguite dopo le lavorazioni e le piegature atte a dare a esse le forme volute per il particolare tipo di impiego previsto.

Le prove di cui sopra devono essere eseguite e certificate dai laboratori ufficiali prove.

Il direttore tecnico di stabilimento curerà la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

I controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori, devono essere effettuati dal direttore dei lavori entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, con le medesime modalità contemplate nelle prove a carattere statistico, in ragione di tre spezzoni marchiati e di uno stesso diametro scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario, i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.

I valori di resistenza e allungamento di ciascun campione da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti a uno stesso diametro devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella 12.12. Questi limiti tengono conto della dispersione dei dati e delle variazioni che possono intervenire tra diverse apparecchiature e modalità di prova.

Nel caso di campionamento e di prova in cantiere, che deve essere effettuata entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale in cantiere, qualora la determinazione del valore di una quantità fissata non sia conforme al valore di accettazione, il valore dovrà essere verificato prelevando e provando tre provini da prodotti diversi nel lotto consegnato.

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

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

Se i criteri sopra riportati non sono soddisfatti, dieci ulteriori provini devono essere prelevati da prodotti diversi del lotto in presenza del produttore o suo rappresentante, che potrà anche assistere all'esecuzione delle prove presso un laboratorio ufficiale.

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

Tabella 12.12. Valori di resistenza e di allungamento accettabili

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	(450 - 25) N/mm ²
f_y massimo	572 N/mm ²	$(450 \cdot (1,25 + 0,02))$ N/mm ²
A_{gt} minimo	$\geq 6,0\%$	Per acciai B450C
A_{gt} minimo	$\geq 2,0\%$	Per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,13 \leq f_t/f_y \leq 1,37$	Per acciai B450C
Rottura/snervamento	$f_t/f_y \geq 1,03$	Per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	Assenza di cricche	Per tutti

Il prelievo dei campioni e la domanda al laboratorio prove

Il prelievo dei campioni di barre d'armatura deve essere effettuato a cura del direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale prove incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

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

La domanda di prove al laboratorio ufficiale autorizzato deve essere sottoscritta dal direttore dei lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

In caso di mancata sottoscrizione della richiesta di prove da parte del direttore dei lavori, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle norme tecniche e di ciò deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso.

2.5 Art. 13. Acciaio per cemento armato precompresso

2.5.1 Generalità

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure previste dalle Norme tecniche per le costruzioni.

Le caratteristiche dimensionali

L'acciaio per armature da precompressione è generalmente fornito secondo le forme indicate qui di seguito:

- filo: prodotto trafilato di sezione piena che possa fornirsi in rotoli;
- barra: prodotto laminato di sezione piena che possa fornirsi soltanto in forma di elementi rettilinei;
- treccia: due o tre fili avvolti a elica intorno al loro comune asse longitudinale. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili della treccia;
- trefolo: fili avvolti a elica intorno a un filo rettilineo completamente ricoperto dai fili elicoidali. Il passo e il senso di avvolgimento dell'elica sono uguali per tutti i fili di uno stesso strato.

I fili possono essere tondi o di altre forme e vengono individuati mediante il diametro nominale o il diametro nominale equivalente riferito alla sezione circolare equipesante. Non è consentito l'impiego di fili lisci nelle strutture precomprese ad armature pretese.

Le barre possono essere lisce, a filettatura continua o parziale, o con risalti e vengono individuate mediante il diametro nominale.

I prodotti devono essere dotati di marcatura generalmente costituita da sigillo o etichettatura sulle legature.

Le forniture devono essere accompagnate dalla prescritta documentazione.

Gli acciai per armature da precompressione possono essere forniti in:

- rotoli (fili, trecce, trefoli);
- bobine (trefoli);
- fasci (barre).

I fili devono essere forniti in rotoli di diametro tale che, all'atto dello svolgimento, allungati al suolo su un tratto di 10 m non presentino curvatura con freccia superiore a 400 mm. Il produttore deve indicare il diametro minimo di avvolgimento.

Ciascun rotolo di filo liscio, ondulato o con impronte, deve essere esente da saldature.

Sono ammesse le saldature di fili destinati alla produzione di trecce e di trefoli se effettuate prima della trafilatura; per i trefoli sono ammesse saldature anche durante l'operazione di cordatura, purché tali saldature siano opportunamente distanziate e sfalsate.

All'atto della posa in opera, gli acciai devono presentarsi privi di ossidazione, corrosione, difetti superficiali visibili, pieghe.

È tollerata un'ossidazione che scompaia totalmente mediante sfregamento con un panno asciutto.

Non è ammessa in cantiere alcuna operazione di raddrizzamento.

2.5.2 I controlli

Le Nuove norme tecniche per l'acciaio per cemento armato precompresso prevedono tre forme di controllo obbligatorie:

- controlli in stabilimento;
- controlli negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi;
- accettazione in cantiere.

I controlli eseguiti in stabilimento si riferiscono a lotti di produzione (massimo 120 t).

I controlli eseguiti negli stabilimenti permanenti di prefabbricazione e nel luogo di formazione dei cavi si riferiscono a forniture (massimo 90 t).

L'accettazione eseguita in cantiere si riferisce a lotti di spedizione (massimo 30 t). A tale riguardo si definiscono:

- lotti di produzione;
- forniture;
- lotti di spedizione.

I lotti di produzione si riferiscono a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (numero di rotolo finito, della bobina di trefolo e del fascio di barre). Un lotto di produzione deve avere grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) ed essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

Le forniture sono lotti formati da massimo 90 t, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

I lotti di spedizione, infine, sono lotti formati da massimo 30 t, spediti in un'unica volta, costituiti da prodotti aventi grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione).

I controlli in cantiere possono essere omessi quando il prodotto utilizzato in cantiere proviene da uno stabilimento di prefabbricazione o da un luogo di formazione dei cavi nel quale sono stati effettuati i controlli di cui al punto precedente.

In quest'ultimo caso, la fornitura del materiale deve essere accompagnata da idonea documentazione attestante l'esecuzione delle prove di cui sopra con l'indicazione del cantiere di destinazione.

Resta comunque nella discrezionalità del direttore dei lavori la facoltà di effettuare tutti gli eventuali controlli ritenuti opportuni.

2.5.3 Le prescrizioni comuni. Le modalità di prelievo

I saggi sugli acciai da cemento armato precompresso destinati ai controlli:

- non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o del rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio incaricato delle prove e in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo successive;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

2.5.4 I controlli nei centri di trasformazione

I controlli nei centri di trasformazione sono obbligatori e devono essere effettuati a cura del direttore tecnico dello stabilimento. I controlli devono essere eseguiti secondo le modalità di seguito indicate. Effettuato un prelievo di tre saggi provenienti da una stessa fornitura, intesa come lotto formato da massimo 90 t, e appartenenti a una stessa categoria, si determinano, mediante prove eseguite presso un laboratorio ufficiale, i corrispondenti valori minimi di f_{pt} , f_{py} , $f_{p(1)}$, $f_{p(0,1)}$.

I risultati delle prove sono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se nessuno dei valori minimi sopra indicati è inferiore ai corrispondenti valori caratteristici garantiti dal produttore. Nel caso in cui anche uno solo dei valori minimi suddetti non rispetti la corrispondente condizione, verranno eseguite prove supplementari soggette a valutazioni statistiche, come di seguito indicato. Il campione da sottoporre a prove supplementari è costituito da almeno dieci saggi prelevati da altrettanti rotoli, bobine o fasci. Se il numero dei rotoli, bobine o fasci costituenti il lotto è inferiore a dieci, da alcuni rotoli o bobine verranno prelevati due saggi, uno da ciascuna estremità. Per le barre vengono prelevati due saggi da due barre diverse dello stesso fascio.

Ogni saggio deve recare contrassegni atti a individuare il lotto e il rotolo, la bobina o il fascio di provenienza.

Effettuato il prelievo supplementare, si determinano, mediante prove effettuate presso un laboratorio ufficiale, i corrispondenti valori medi g_{mn} e le deviazioni standard s_n di f_{pt} , f_{py} , $f_{p(1)}$, $f_{p(0,1)}$.

I risultati delle prove vengono considerati compatibili con quelli ottenuti in stabilimento se: - per le tensioni di rottura f_{pt} :

$$\begin{aligned} g_{mn} &\geq 1,03 f_{ptk} \\ s_n &\leq 0,05 f_{ptk} \end{aligned}$$

- per le grandezze f_{pt} , $f_{p(1)}$, $f_{p(0,1)}$:

$$\begin{aligned} g_{mn} &\geq 1,04 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,1)k}) \\ s_n &\leq 0,07 (f_{pyk}, f_{p(1)k}, f_{p(0,1)k}) \end{aligned}$$

- i valori del modulo di elasticità longitudinale E_p sono conformi al valore garantito dal produttore, con una tolleranza del $\pm 5\%$.

Se tali disuguaglianze non sono verificate, o se non sono rispettate le prescrizioni riguardanti le proprietà e le tolleranze, si ripeteranno le prove su altri dieci saggi, previo avviso al produttore.

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati al produttore, che è tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione.

In tal caso, il direttore tecnico del centro di trasformazione deve comunicare il risultato anomalo sia al laboratorio incaricato del controllo sia al servizio tecnico centrale.

Il prelievo dei campioni va effettuato a cura del direttore tecnico del centro di trasformazione che deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Per le caratteristiche dei certificati emessi dai laboratori, è fatta eccezione per il marchio di qualificazione, normalmente non presente sugli acciai da cemento armato precompresso, per il quale si potrà fare riferimento ad eventuali cartellini identificativi ovvero ai dati dichiarati del richiedente.

Il direttore tecnico del centro di trasformazione deve curare la registrazione di tutti i risultati delle prove di controllo interno su apposito registro, di cui dovrà essere consentita la visione a quanti ne abbiano titolo.

Tutte le forniture provenienti da un centro di trasformazione devono essere accompagnate dalla documentazione prevista.

2.5.5 13.6 I controlli di accettazione in cantiere e gli obblighi del direttore dei lavori

I controlli in cantiere, demandati al direttore dei lavori, sono obbligatori e devono essere eseguiti secondo le medesime indicazioni di cui al precedente paragrafo, con l'avvertenza che il prelievo preliminare dei tre saggi deve essere effettuato per ogni lotto di spedizione, di massimo 30 t.

Qualora la fornitura di cavi preformati provenga da un centro di trasformazione, il direttore dei lavori, esaminata preliminarmente la documentazione attestante il possesso di tutti i requisiti previsti dalle Nuove norme tecniche, che il suddetto centro di trasformazione è tenuto a trasmettergli, può recarsi presso il medesimo centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli previsti. In

tal caso, il prelievo dei campioni deve essere effettuato dal direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del direttore dei lavori.

Quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio ufficiale incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per le modalità di prelievo dei campioni, di esecuzione delle prove e di compilazione dei certificati valgono le medesime disposizioni di cui al precedente paragrafo.

2.6 Art. 14. Calci idrauliche da costruzioni

Le calci da costruzione sono utilizzate come leganti per la preparazione di malte (da muratura e per intonaci interni ed esterni) e per la produzione di altri prodotti da costruzione. La norma **UNI EN 459-1** classifica le calci idrauliche nelle seguenti categorie e relative sigle di identificazione:

- calci idrauliche naturali (NHL): derivate esclusivamente da marne naturali o da calcari silicei, con la semplice aggiunta di acqua per lo spegnimento;
- calci idrauliche naturali con materiali aggiunti (NHL-Z), uguali alle precedenti, cui vengono aggiunti sino al 20% in massa di materiali idraulicizzanti o pozzolane;
- calci idrauliche (HL), costituite prevalentemente da idrossido di Ca, silicati e alluminati di Ca, prodotti mediante miscelazione di materiali appropriati.

La resistenza a compressione della calce è indicata dal numero che segue dopo la sigla (NHL 2, NHL 3.5 e NHL 5). La resistenza a compressione (in MPa) è quella ottenuta da un provino di malta dopo 28 giorni di stagionatura, secondo la norma **UNI EN 459-2**.

Le categorie di calci idrauliche NHL-Z e HL sono quelle che in passato ha costituito la calce idraulica naturale propriamente detta.

Il prodotto, che può essere fornito in sacchi o sfuso, deve essere accompagnato dalla documentazione rilasciata dal produttore.

2.6.1 Norme di riferimento

UNI EN 459-1 UNI EN 459-2 UNI EN 459-3

- *Calci da costruzione. Definizioni, specifiche e criteri di conformità;*
- *Calci da costruzione. Metodi di prova;*
- *Calci da costruzione. Valutazione della conformità.*

2.7 Art. 15. Manufatti di pietre naturali o ricostruite

2.7.1 Generalità

La terminologia utilizzata ha il significato di seguito riportato. Le denominazioni commerciali devono essere riferite a campioni, atlanti, ecc.

Per le prove da eseguire presso i laboratori ufficiali di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 si rimanda alle prescrizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2232 (norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione), del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234 (norme per l'accettazione dei materiali per pavimentazione), e delle norme UNI vigenti.

I campioni delle pietre naturali da sottoporre alle prove da prelevare dalle forniture esistenti in cantiere, devono presentare caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche conformi a quanto prescritto nei contratti, in relazione al tipo della pietra e all'impiego che di essa deve farsi nella costruzione.

Tabella Valori indicativi di tenacità

Roccia	Tenacità
Calcare Gneiss Granito Arenaria calcarea Basalto Arenaria silicea	1 1,20 1,50 1,50 2,30 2,60

Tabella Valori indicativi di resistenza a taglio

Roccia	Carico di rottura (MPa)
Arenarie Calcare Marmi Granito Porfido Serpentine Gneiss	3-9 5-11 12 15 16 18-34 22- 31

2.7.2 Marmo

Roccia cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 3 a 4 (quali calcite, dolomite, serpentino).

A questa categoria appartengono:

- i marmi propriamente detti (calcari metamorfici ricristallizzati), i calcefiri e i cipollini;
- i calcari, le dolomie e le brecce calcaree lucidabili;
- gli alabastrini calcarei;
- le serpentiniti;
- le oficalciti.

2.7.3 Granito

Roccia fanero-cristallina, compatta, lucidabile, da decorazione e da costruzione, prevalentemente costituita da minerali di durezza Mohs da 6 a 7 (quali quarzo, felspati, felspatoidi).

A questa categoria appartengono:

- i graniti propriamente detti (rocce magmatiche intrusive acide fanero-cristalline costituite da quarzo, felspati sodico-potassici e miche);
- altre rocce magmatiche intrusive (dioriti, granodioriti, sieniti, gabbri, ecc.);
- le corrispettive rocce magmatiche effusive, a struttura porfirica;
- alcune rocce metamorfiche di analoga composizione, come gneiss e serizzi.

2.7.4 Travertino

Roccia calcarea sedimentaria di deposito chimico con caratteristica strutturale vacuolare, da decorazione e da costruzione; alcune varietà sono lucidabili.

2.7.5 Pietra

Roccia da costruzione e/o da decorazione, di norma non lucidabile.

A questa categoria appartengono rocce di composizione mineralogica svariata, non inseribili in alcuna classificazione. Esse sono riconducibili a uno dei due gruppi seguenti:

- rocce tenere e/o poco compatte;
- rocce dure e/o compatte.

Esempi di pietre del primo gruppo sono varie rocce sedimentarie (calcareniti, arenarie a cemento calcareo, ecc.) e varie rocce piroclastiche (peperini, tufi, ecc.). Al secondo gruppo, invece, appartengono le pietre a spacco naturale (quarziti, micascisti, gneiss lastroidi, ardesie, ecc.) e talune vulcaniti (basalti, trachiti, leuciti, ecc.).

Per gli altri termini usati per definire il prodotto in base alle norme, dimensioni, tecniche di lavorazione e alla conformazione geometrica, vale quanto riportato nella norma **UNI EN 12670**.

2.7.6 Norma di riferimento

UNI EN 12670 - *Pietre naturali. Terminologia.*

2.7.7 Requisiti d'accettazione

I prodotti in pietra naturale o ricostruita devono rispondere alle seguenti prescrizioni:

- appartenere alla denominazione commerciale e/o petrografica indicata nel progetto oppure avere origine dal bacino di estrazione o zona geografica richiesta, nonché essere conformi a eventuali campioni di riferimento ed essere esenti da crepe, discontinuità, ecc., che riducono la resistenza o la funzione;
- avere lavorazione superficiale e/o finiture indicate nel progetto e/o rispondere ai campioni di riferimento;
- avere le dimensioni nominali concordate e le relative tolleranze.

Delle seguenti ulteriori caratteristiche il fornitore dichiarerà i valori medi (e i valori minimi e/o la dispersione percentuale):

- massa volumica reale e apparente, misurata secondo la norma **UNI EN 1936**;
 - coefficiente dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica, misurato secondo la norma **UNI EN 13755**;
 - resistenza a compressione uniassiale, misurata secondo la norma **UNI EN 1926**;
 - resistenza a flessione a momento costante, misurata secondo la norma **UNI EN 13161**;
 - resistenza all'abrasione, misurata secondo le disposizioni del R.D. 16 novembre 1939, n. 2234.
- Per le prescrizioni complementari da considerare in relazione alla destinazione d'uso (strutturale per murature, pavimentazioni, coperture, ecc.), si rinvia agli appositi articoli del presente capitolato e alle prescrizioni di progetto.

I valori dichiarati saranno accettati dalla direzione dei lavori anche in base ai criteri generali del presente capitolato speciale d'appalto.

2.7.8 Norme di riferimento

UNI EN 12370 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza alla cristallizzazione dei sali*;

UNI EN 12371 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza al gelo*;

UNI EN 12372 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a flessione sotto carico concentrato*;

12407 - *Metodi di prova per pietre naturali. Esame petrografico*;

UNI EN 13161 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a flessione a momento costante*;

UNI EN 13364 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del carico di rottura in corrispondenza dei fori di fissaggio*;

UNI EN 13373 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione delle caratteristiche geometriche degli elementi*;

UNI EN 13755 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'assorbimento d'acqua a pressione atmosferica*;

UNI EN 13919 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento dovuto a SO₂ in presenza di umidità*;

UNI EN 14066 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termico*;

UNI EN 14146 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del modulo di elasticità dinamico (tramite misurazione della frequenza fondamentale di risonanza)*;

UNI EN 14147 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'invecchiamento mediante nebbia salina*;

UNI EN 14157 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza all'abrasione*;

UNI EN 14158 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione dell'energia di rottura*;

UNI EN 14205 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della durezza Knoop*;

UNI EN 14231 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza allo scivolamento tramite l'apparecchiatura di prova a pendolo*;

UNI EN 14579 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della velocità di propagazione del suono*;

UNI EN 14580 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del modulo elastico statico;*
UNI EN 14581 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del coefficiente di dilatazione lineare termica;*
UNI EN 1925 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità;*
UNI EN 1926 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della resistenza a compressione uniassiale;*
UNI EN 1936 - *Metodi di prova per pietre naturali. Determinazione della massa volumica reale e apparente e della porosità totale e aperta.*

Manufatti da lastre

I manufatti da lastre devono essere ricavati da lastre di spessore non superiore a 8 cm. Si hanno i seguenti prodotti:

- lastre refilate;
- listelli;
- modulmarmo/modulgranito.

Manufatti in spessore

I manufatti in spessore devono essere ricavati da blocchi o lastre di spessore superiore a 8 cm. Si hanno i seguenti prodotti:

- masselli;
- binderi;
- cordoni.

Manufatti a spacco e sfaldo

Tra i manufatti a spacco si indicano:

- cubetti di porfido;
- smoller;
- lastre di ardesia;
- lastre di quarzite;
- lastre di serpentino;
- lastre di beola;
- lastre di arenaria.

2.8 Art. 16. Tiranti per ancoraggi nei terreni

2.8.1 Definizioni e scopo

I tiranti di ancoraggio sono elementi strutturali operanti in trazione ed atti a trasmettere forze al terreno; essi dovranno rispondere alle norme prescritte dal D.M. 11/03/1988. Il tirante si compone delle seguenti parti:

- _ la testa, costituita dal dispositivo di bloccaggio e dalla piastra di ripartizione;
- _ il tratto libero intermedio di collegamento tra testa e tratto attivo;
- _ il tratto attivo (fondazione) che trasmette al terreno le forze di trazione del tirante.

In relazione alla durata di esercizio definita nel progetto i tiranti si distinguono in:

- _ provvisori, se la durata della funzionalità non supera i ventiquattro mesi;
- _ permanenti, se la durata della funzionalità eguaglia o supera i ventiquattro mesi.

Le caratteristiche geometriche e strutturali dei tiranti sono definite nel progetto esecutivo.

2.8.2 Prove tecnologiche preliminari

Prima di dare inizio ai lavori, la metodologia esecutiva dei tiranti, quale proposta dall'Impresa, dovrà essere messa a punto dalla stessa, a sua cura e spese, mediante l'esecuzione di un'adeguato numero di tiranti preliminari di prova.

Il numero dei tiranti preliminari di prova sarà stabilito dalla Direzione Lavori in base all'importanza dell'opera e al grado di omogeneità del sottosuolo; tale numero dovrà essere pari almeno al 2% del numero totale dei tiranti con un minimo di 2.

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti in aree limitrofe a quelle interessanti i tiranti di progetto e comunque rappresentative dal punto di vista geotecnico e idrogeologico.

Le modalità di applicazione e l'entità del carico massimo di prova e così pure la successione dei cicli di carico e scarico, saranno prescritti dalla Direzione Lavori, in accordo con eventuali prescrizioni di progetto e con le raccomandazioni "A.I.C.A.P." su "Ancoraggi nei terreni e nelle rocce" (maggio 1993).

I tiranti preliminari di prova dovranno essere eseguiti alla presenza della Direzione Lavori cui spetta l'approvazione delle modalità esecutive da adottarsi per i tiranti di progetto.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

Nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente, dovrà dar corso a sua cura e spese a nuove prove tecnologiche in ragione dello 0,5 % del numero totale dei tiranti ancora da eseguire con un minimo di un tirante prova.

2.8.3 Soggezioni geotecniche, idrogeologiche e ambientali

Le tecniche di perforazione e le modalità di connessione al terreno dovranno essere definite in relazione alla natura dei materiali da attraversare e delle caratteristiche idrogeologiche locali.

La scelta delle attrezzature di perforazione ed i principali dettagli esecutivi dovranno essere messi a punto mediante l'esecuzione di tiranti di ancoraggio preliminari di prova, approvati dalla Direzione Lavori prima dell'inizio della costruzione dei tiranti di progetto.

Particolare cura dovrà essere posta relativamente alla verifica dell'aggressività dell'ambiente nei riguardi del cemento impiegato nella realizzazione della miscela di iniezione dei tiranti.

Tale verifica verrà eseguita, su richiesta della Direzione Lavori a cura e spese dell'Impresa.

L'ambiente verrà dichiarato aggressivo quando:

- ☐ il grado idrotimetrico (durezza) dell'acqua del terreno o di falda risulti $< 3^{\circ} F$;
- ☐ il valore del pH dell'acqua risulti < 6 ;
- ☐ il contenuto in CO_2 disciolta nell'acqua risulti $> 30 \text{ mg/l}$;
- ☐ il contenuto in NH_4 dell'acqua risulti $> 30 \text{ mg/l}$;
- ☐ il contenuto in ioni Mg dell'acqua risulti $> 300 \text{ mg/l}$;
- ☐ il contenuto in ioni SO dell'acqua risulti $> 600 \text{ mg/l}$ o $> 6000 \text{ mg/kg}$ di terreno secco;
- ☐ i tiranti si trovino in vicinanza di linee ferroviarie o di altri impianti a corrente continua non isolati e con potenze maggiori di 50 kW ;
- ☐ l'opera risulti situata a distanza $< 300 \text{ m}$ dal litorale marino.

In caso di ambiente aggressivo accertato, l'utilizzo del tipo di cemento dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori e l'Impresa dovrà certificarne l'idoneità.

2.8.4 Materiali ed elementi costruttivi

o Acciai e dispositivi di bloccaggio

Gli acciai impiegati nella realizzazione dei tiranti di ancoraggio dovranno essere conformi alle norme del D.M. in vigore emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086.

I dispositivi di bloccaggio dovranno essere conformi alle disposizioni dell'allegato "B" della Circolare Ministero LL.PP. 30/06/1980 ed eventuali successivi aggiornamenti.

I tiranti ed i dispositivi di bloccaggio, al momento del loro arrivo in cantiere dovranno essere corredati della certificazione d'origine riferita ad ogni loro componente (trefoli, guaine, piastre). Qualora così

non fosse la fornitura non verrà accettata ed immediatamente allontanata, a cura e spese dell'Impresa, dal cantiere stesso.

In corso d'opera si eseguiranno controlli sui tiranti, prelevando anche campioni di guaina protettiva se prevista in acciaio e di piastre, nella misura di un prelievo per ogni fornitura giunta in cantiere.

○ *Miscela di iniezione: composizione e controlli*

Saranno usate miscele a base di cemento, aventi la seguente composizione:

- ☐ cemento tipo II 32,5, 32,5R, 42,5 o 42,5R in presenza di ambiente non aggressivo: 100 Kg;
- ☐ cemento tipo III A 32,5R o 42,5R oppure IV A 32,5R o 42,5R in presenza di ambiente aggressivo: 100 Kg. Non sono ammessi cementi di tipo I 52,5 o 52,5R;
- ☐ acqua: 45 kg max;
- ☐ filler calcareo o siliceo: $0 \div 30$ kg;
- ☐ bentonite: $0 \div 4$ kg;
- ☐ eventuali additivi (superfluidificanti, antiritiro);
- ☐ eventuali additivi ritardanti per l'iniezione di prima fase riferita al contorno dello scavo.

Il cemento dovrà presentare contenuto in cloro inferiore allo 0,05 % in peso e contenuto totale di zolfo da solfuri, inferiore allo 0,15 % in peso.

L'acqua dovrà essere conforme alle norme UNI 7163 dell'aprile 1979. Il filler dovrà presentare un passante al setaccio n. 37 della serie UNI n. 2332 (apertura 0,075 mm) inferiore al 3 % in peso.

Gli additivi non dovranno essere aeranti.

Non sono ammessi additivi acceleranti di presa a base di cloruri.

Qualora si verificasse l'esigenza di ottenere resistenze elevate alle brevissime od alle brevi stagionature (1 d, 3 d o 7 d), anche in presenza di temperature minori di 278 K, oppure in casi particolari in cui si verificano critiche condizioni al contorno (acque di falda in condizioni dinamiche, terreni fortemente assorbenti, che possono ostacolare la connessione del tirante e provocare lo sfilamento dello stesso in fase di tesatura, oppure di eccezionale aggressività ambientale ecc.), la Direzione Lavori potrà ordinare all'Impresa l'utilizzo di malte cementizie premiscelate con granulometria dell'inerte pari a $0 \div 0,3$ mm max, monocomponenti formate da leganti solfato resistenti, additivi superfluidificanti ed espansivi.

La miscela, confezionata con i cementi sia di tipo 32,5 R sia di tipo 42,5 R, precedentemente menzionati, dovrà presentare i seguenti requisiti, periodicamente controllati durante le lavorazioni:

- ☐ fluidità MARSCH da 20" a 35";
- ☐ essudazione < 2 %;
- ☐ peso specifico della miscela che non potrà discostarsi per più di 0,05 g/cm² rispetto a quello ottimale definito in sede progettuale;
- ☐ resistenza a compressione a ventotto giorni > 28/35 MPa.
- ☐ La miscela confezionata con boiaccia premiscelata dovrà presentare i seguenti requisiti minimi salvo diverse disposizioni indicate in progetto o prescritte durante la fase esecutiva, da controllarsi ogni 50 tiranti o frazione eseguiti:
 - ☐ rapporto acqua/polvere: $0,20 \div 0,22$;
 - ☐ fluidità MARSH da 10" a 35";
 - ☐ peso specifico della miscela $2,160 \text{ g/cm}^3 \pm 0,10 \text{ g/cm}^3$;
 - ☐ essudazione 1 %;
 - ☐ resistenza a flessione: 7 h > 1,0 MPa; 1 d > 5 MPa; 3 d > 6,5 MPa; 7 d > 10,5 MPa; 28 d > 11,3 MPa;
 - ☐ resistenza cubica a compressione: 7 h > 2,0 MPa; 1 d > 35 MPa; 3 d > 50 MPa; 7 d > 60 MPa; 28 d > 65 MPa;
 - ☐ espansione % fino a otto ore secondo la norma ASTM 827: ½ h: + 0,6; 1 h: + 1; 4 h: + 0,8; 8 h: + 0,8;
 - ☐ espansione % fino a ventotto giorni secondo la norma ASTM 827: 1 d: + 0,78; 3 d: + 0,78; 7 d: + 0,76; 28 d: + 0,76;

- spandimento con tavola a scosse secondo UNI 7044 considerando un rapporto acqua polvere 0,20: 85 %.

Di tali miscele dovrà essere presentato alla Direzione Lavori, per riceverne l'approvazione, uno studio preliminare riportante le modalità di confezione, miscelazione ed iniezione della miscela stessa e comprovante l'effettiva corrispondenza a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.

Di tutte le prove e controlli eseguiti l'Impresa si farà carico di presentare documentazione scritta.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né verranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

La prova di fluidità, la prova di essudazione e la misura del peso specifico della miscela, dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Impresa all'inizio di ciascuna giornata lavorativa ed in ogni caso ripetute dopo l'iniezione di 50 ancoraggi.

Se, in occasione di tali controlli, anche solo una delle due prove non fornisca risultati conformi a quanto prescritto, le iniezioni devono essere sospese e potranno riprendere solo dopo la confezione di una nuova miscela dalle idonee caratteristiche.

Dovrà essere fatto il controllo della resistenza a compressione della miscela mediante prelievi per ogni tirante.

La miscela dovrà essere confezionata mediante mescolatori ad alta velocità di rotazione (> 20 giri/s) o a ciclone.

Le apparecchiature, necessarie alla esecuzione delle prove per le miscele di iniezione impiegate, dovranno essere a disposizione in cantiere durante le lavorazioni ed avranno caratteristiche analoghe a quanto prescritto nelle presenti Norme Tecniche. Le prove per il controllo della resistenza a compressione delle miscele utilizzate dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, presso Laboratori Ufficiali.

Relativamente alle modalità di esecuzione per il controllo della fluidità e della essudazione della miscela di iniezione si farà riferimento a quanto indicato nelle presenti Norme Tecniche.

2.8.5 Misura della fluidità con il cono di MARSH modificato

L'apparecchio dovrà essere costruito in acciaio inossidabile e avere la forma e le dimensioni che seguono: cono con diametro di base 15,5 cm, altezza 29 cm; ugello cilindrico diametro interno 1,0 cm, altezza 6 cm, riempimento fino a 1 cm dal bordo superiore. La fluidità della boiaccia sarà determinata misurando il tempo totale di scolo del contenuto del cono, diviso per 1,77.

La fluidità della boiaccia sarà ritenuta idonea quando detto tempo sarà compreso tra 15 e 25 s subito dopo l'impasto e tra 25 e 35 s a 30 min dall'impasto (operando alla temperatura di 293 K).

2.8.6 Misura dell'essudazione della boiaccia (bleeding)

Si opera con una provetta graduata cilindrica (250 cm³, Ø = 6 cm, riempita con 100 cm³ di boiaccia).

La provetta deve essere tenuta in riposo al riparo dall'aria.

La misura si effettua tre ore dopo il mescolamento con lettura diretta oppure con pesatura prima e dopo lo svuotamento con pipetta dell'acqua trasudata.

2.8.7 Elementi di protezione

In relazione alla aggressività dell'ambiente e alla durata del tirante sono ammesse le seguenti due classi di protezione:

- classe 1, per tiranti provvisori in ambiente aggressivo e non aggressivo per un periodo di esercizio inferiore a ventiquattro mesi, con protezione che consisterà in una guaina di polietilene o di polipropilene che avvolge il tratto libero;
- classe 2, per tiranti permanenti in ambiente aggressivo e non aggressivo per un periodo di esercizio uguale o comunque superiore a ventiquattro mesi, con protezione di tutto il tirante che sarà costituita da una guaina in polietilene o in polipropilene; essa potrà essere flessibile o semirigida e liscia per il tratto libero; sarà invece grecata per il tratto di fondazione del tirante.

Lo spessore della guaina non dovrà essere inferiore a 1,5 mm e dovrà garantire contro lacerazioni in tutte le fasi di lavorazione e posa ed in presenza delle sollecitazioni meccaniche e chimiche previste in esercizio.

La sezione interna della guaina dovrà essere pari ad almeno quattro volte la sezione trasversale complessiva delle armature (trefoli o barre) contenute e dovrà comunque assicurare uno spessore di iniezione per il ricoprimento degli elementi più esterni dell'armatura di almeno 5 mm.

Per le guaine corrugate dovrà risultare una distanza tra due nervature successive > 5 mm ed una differenza tra i diametri interni, maggiore e minore, superiore a 8 mm.

Ciascun trefolo o barra dovrà essere ulteriormente protetto:

- da una guaina individuale in P.V.C., polietilene o polipropilene nella parte libera;
- da una eventuale verniciatura in resina epossidica elasticizzata nel tratto di fondazione.

Gli spazi residui tra guaina e pareti del perforo e tra armatura e guaina dovranno essere riempiti con miscela cementizia.

○ *Elementi di protezione in tubi di acciaio*

La protezione dei tiranti permanenti consisterà in una guaina rigida in tubi di acciaio che riveste i trefoli di armatura su tutta la loro lunghezza; in ambiente aggressivo la guaina sarà rivestita con resina epossidica elasticizzata.

Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo saranno ottenute mediante manicotti saldati o filettati; nel tratto di fondazione i tubi saranno dotati di valvole per l'iniezione, secondo le indicazioni di progetto e dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta, allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano.

Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo 3,5 mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli di filo 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.

Il tubo guaina dovrà essere dotato di distanziatori non metallici, posizionati di preferenza in corrispondenza dei manicotti di giunzione, per assicurare la centratura all'interno del perforo.

La sezione interna del tubo guaina dovrà essere tale da consentire l'alloggiamento dei trefoli provvisti di distanziatori, in conformità a quanto previsto dalle presenti Norme.

○ *Distanziatori, tamponi e condotti di iniezione*

I distanziatori avranno lo scopo di disporre l'armatura di ancoraggio nel foro di alloggiamento in modo che sia garantito il ricoprimento dell'acciaio da parte della miscela di iniezione.

La forma dei distanziatori dovrà quindi essere tale da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento durante tutte le fasi di manipolazione e nello stesso tempo non dovrà ostacolare il passaggio della miscela; in ogni caso in corrispondenza del distanziatore la sezione libera di foro deve essere pari ad almeno due volte la sezione del condotto di iniezione.

I distanziatori dovranno essere realizzati in materiali non metallici di resistenza adeguata agli sforzi che devono sopportare ed essere disposti a intervalli non superiori a 5 m nel tratto libero; nel tratto di fondazione saranno intercalati da legature e disposti a interassi di $2,0 \pm 2,5$ m in modo da dare al fascio di trefoli una conformazione a ventri e nodi.

Per armature costituite da barre i distanziatori non saranno alternati a legature.

I tamponi di separazione fra la parte libera e la fondazione dovranno essere impermeabili alla miscela e tali da resistere alle pressioni di iniezione.

I tamponi dovranno essere realizzati o con elementi meccanici o con elementi chimici (materiale iniettato) aventi caratteristiche tali da garantire l'armatura dalla corrosione. Le caratteristiche dei condotti di iniezione da impiegare dovranno essere tali da soddisfare i seguenti requisiti:

- avere resistenza adeguata alle pressioni di iniezione risultando cioè garantiti per resistere alla pressione prevista con un coefficiente di sicurezza pari ad 1,5 e comunque avere una pressione di rottura non inferiore a 10 bar;

- avere diametro interno minimo orientativamente pari a 10 mm nel caso in cui non siano presenti aggregati, pari a 16 mm in caso contrario; ciò al fine di consentire il passaggio della miscela d'iniezione.

2.8.8 Tolleranze geometriche

Le tolleranze ammesse nella realizzazione dei fori sono le seguenti:

- il diametro dell'utensile di perforazione dovrà risultare non inferiore al diametro di progetto e non superiore del 10% di tale diametro;
- la lunghezza totale di perforazione dovrà risultare conforme al progetto;
- la variazione di inclinazione e di direzione azimutale non dovrà essere maggiore di $\pm 2^\circ$;
- la posizione della testa foro non dovrà discostarsi più di 10 cm dalla posizione di progetto.

La lunghezza totale dell'armatura e la lunghezza del tratto attivo, posizionato nella parte terminale della perforazione, dovranno risultare conformi alle indicazioni progettuali.

2.8.9 Perforazione

La perforazione potrà essere eseguita a rotazione o a rotopercussione, in materie di qualsiasi natura e consistenza, compreso calcestruzzi, murature, trovanti e/o roccia dura, anche in presenza di acqua.

Il perforo potrà essere eseguito a qualsiasi altezza e l'Impresa dovrà provvedere ad eseguire idonei ponteggi ed impalcature.

Il foro dovrà essere rivestito nel caso che il terreno sia rigonfiante o non abbia coesione sufficiente ad assicurare la stabilità delle pareti del foro durante e dopo la posa delle armature; in roccia si rivestirà il foro nei casi in cui:

- l'alterazione e la fessurazione della roccia siano tali da richiederlo per assicurare la stabilità delle pareti durante e dopo la posa delle armature;
- la natura della roccia sia tale da far temere la formazione di spigoli aguzzi lungo le pareti del foro, suscettibili di danneggiare le guaine di protezione.

Il fluido di perforazione potrà essere acqua, aria, una miscela di entrambi, oppure, unicamente per perforazioni in terreni sciolti, un fango di cemento e bentonite.

L'impiego di aria non è consentito in terreni incoerenti sotto falda.

Al termine della perforazione si dovrà procedere al lavaggio del foro con acqua o aria.

Nel caso di terreni con prevalente componente argillosa o di rocce marnose tenere, la fase finale del lavaggio sarà eseguita con sola aria.

Quando sia previsto dal progetto e sia compatibile con la natura dei terreni, si potranno eseguire, mediante l'impiego di appositi utensili allargatori, delle scampanature di diametro noto, regolarmente intervallate lungo la fondazione del tirante.

In base alle indicazioni emerse nel corso della esecuzione dei tiranti preliminari di prova e comunque in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, a preventive iniezioni di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori.

2.8.10 Assemblaggio e posa delle armature

Per l'impiego di armature a trefoli (di norma in acciaio controllato in stabilimento con fili aventi $f_p(1)k > 1570$ MPa e $f_{ptk} > 1765$ MPa) gli elementi costitutivi dell'ancoraggio dovranno essere preferibilmente confezionati in stabilimento e pervenire in cantiere già arrotolati e inguainati, salvo eventualmente il dispositivo di bloccaggio che potrà essere montato in cantiere.

Ove, per particolari motivi, fosse necessario effettuare l'assemblaggio degli elementi costitutivi degli ancoraggi in cantiere, dovrà essere predisposta a cura e spese dell'Impresa, ed in prossimità del luogo di impiego, una adeguata attrezzeria per confezionare correttamente gli ancoraggi stessi.

In tal caso i componenti ed in particolare l'acciaio, dovranno essere immagazzinati convenientemente, possibilmente al coperto, in modo che non subiscano danneggiamenti durante la giacenza.

Dovrà essere inoltre accuratamente evitato il contatto con il terreno o altri materiali che possono danneggiare l'ancoraggio.

Pertanto la confezione degli ancoraggi dovrà avvenire sempre su apposito banco e non a terra.

La confezione degli ancoraggi dovrà essere affidata a personale esperto e consisterà nelle seguenti fasi principali:

- taglio dei trefoli a misura;
- interposizione dei distanziatori interni ai trefoli;
- montaggio dei condotti di iniezione;
- infilaggio delle guaine su tutta la lunghezza dell'ancoraggio o sulla parte libera dello stesso;
- esecuzione del tampone di separazione tra la fondazione e la parte libera dell'ancoraggio;
- montaggio degli eventuali distanziatori, necessari al centraggio dell'ancoraggio nel foro di alloggiamento;
- eventuale montaggio del dispositivo di bloccaggio nei casi in cui questa operazione sia prevista prima dell'infilaggio dell'ancoraggio nel foro;
- accurata sigillatura di tutte le giunzioni per evitare le perdite di impermeabilità della guaina.

Per l'impiego di ancoraggi con armature a barre o tubolari, nei quali l'assemblaggio è fatto in opera, le operazioni di assemblaggio dovranno essere eseguite da personale esperto ed essere effettuate via via che la barra viene infilata nel foro avendo cura che il collegamento dei vari tronchi, mediante manicotti di giunzione, avvenga secondo le modalità previste dal costruttore e che parallelamente le sigillature della eventuale guaina siano accuratamente eseguite.

La posa in opera delle armature dovrà avvenire secondo modalità approvate dalla Direzione Lavori che ne assicurino il corretto posizionamento e l'efficacia della connessione al terreno.

2.8.11 Connessione al terreno

Il riempimento dell'intercapedine tra tubo guaina in acciaio ed il foro con la miscela, dovrà essere eseguito entro e non oltre le 12 ore dall'ultimazione delle operazioni di perforazione; le fasi di iniezioni saranno effettuate in accordo a quanto previsto successivamente.

2.8.12 Iniezione semplice

Si eseguirà il riempimento con la miscela precedentemente descritta, sia dell'intercapedine tra la guaina ed il foro, che di tutto lo spazio tra l'eventuale guaina corrugata e l'armatura lungo la fondazione del tirante; tale spazio dovrà essere collegato alla bocca del foro da un tubetto di sfiato che consenta la fuoriuscita di tutta l'aria contenuta e l'iniezione dovrà essere proseguita fino alla fuoriuscita della miscela dal tubetto di sfiato.

L'iniezione semplice è adatta: in terreni di granulometria grossolana (ghiaie, ciottoli) nei quali una porzione rilevante della malta iniettata va a compenetrare il terreno intorno al foro; in rocce lapidee ed in terreni coesivi mediamente compatti, congiuntamente alla tecnica di perforazione con allargatori.

Il riempimento dell'intercapedine tra perforazione e guaina della parte libera sarà assicurato immettendo la miscela nel punto più profondo del foro tramite gli appositi condotti ed osservando che essa risalga fino a boccaforo e vi permanga finché interviene la presa: qualora occorresse si provvederà a riprese dell'iniezione o a rabbocchi per ottenere che la condizione sia rispettata.

2.8.13 Iniezione ripetuta in pressione

È adatta in terreni di qualunque natura, caratterizzati da un modulo di deformazione a breve termine sensibilmente inferiore a 500 MPa. L'iniezione di quantità controllate della miscela cementizia in più fasi successive, fino ad ottenere pressioni di iniezione residue di 0,8-1,5 MPa, dovrà avere lo scopo di ottenere una serie di sbulbature lungo la fondazione del tirante e ad instaurare nel terreno circostante un campo tensionale di compressione, favorevole alla mobilitazione di elevate resistenze al taglio per attrito.

L'iniezione in pressione avverrà tramite un tubo a perdere dotato di valvole di non ritorno a manicotto, regolarmente intervallate a 75 cm di interasse lungo il tratto di fondazione del tirante.

Il tubo potrà essere disposto:

- coassialmente all'armatura ed avere diametro adeguato nel caso di tiranti senza guaina lungo la fondazione;
- esterno all'armatura, in acciaio, posto in opera preventivamente alla posa dell'armatura;
- coassiale all'armatura, ma interno alla guaina grecata di protezione e dotato di valvole che sboccano all'esterno di essa per la formazione delle sbulbature nel terreno; altre valvole, interne alla guaina, servono per il riempimento dell'intercapedine guaina/armatura.

Le fasi dell'iniezione saranno le seguenti:

1) riempimento della cavità a ridosso delle pareti della perforazione, ottenuta alimentando la miscela dalla valvola più profonda in modo da ottenere la risalita fino alla bocca del foro; al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo a valvole;

2) avvenuta la presa della malta precedentemente posta in opera, si inietteranno valvola per valvola volumi di miscela non eccedenti le seguenti quantità:

diametro foro (mm)	da 90 a 120	da 121 a 170	da 171 a 220
Vmax (l/valvola)	45,00	65,00	90,00

Tali iniezioni dovranno essere effettuate senza superare la pressione corrispondente alla fratturazione idraulica del terreno (claquage).

Al termine si effettuerà un lavaggio con acqua all'interno del tubo.

3) Avvenuta la presa della malta precedentemente iniettata, si ripeterà l'iniezione in pressione, osservando gli stessi limiti di volume, limitatamente alle valvole per le quali, nella fase 2):

- il volume non abbia raggiunto i limiti sopra indicati a causa della incipiente fratturazione idraulica del terreno;
- le pressioni residue di iniezione misurate a bocca foro al raggiungimento del limite volumetrico non superino 0,7 MPa.

4) L'iniezione può essere ripetuta ulteriormente, sempre senza superare i limiti di volume anzidetti e dopo la presa delle iniezioni delle fasi precedenti, qualora ciò risultasse necessario per il raggiungimento della desiderata capacità portante del tirante.

Al termine delle operazioni di connessione al terreno del tirante si procederà alla posa in opera del dispositivo di bloccaggio il quale dovrà essere in perfette condizioni e privo di ruggine e di incrostazioni di qualsiasi natura.

2.8.14 Tesatura e collaudo

Trascorsi ventotto giorni dall'ultima iniezione, o meno, secondo il tipo di miscela, ogni tirante verrà sottoposto a tesatura di collaudo.

L'inizio delle operazioni di tesatura e collaudo dovrà essere comunque autorizzato dalla Direzione Lavori.

La trazione di collaudo (N_c) è pari a 1,2 volte la trazione massima di esercizio (N_e).

La prova di collaudo si eseguirà assegnando dapprima al tirante una trazione di assestamento $N_0 = 0,10 N_e$ e misurando la corrispondente posizione delle armature rispetto alle piastre di testata.

Successivamente si porterà gradualmente e senza interruzioni la forza applicata da N_0 a N_c e si misurerà il corrispondente allungamento (DI).

Si manterrà il valore per un periodo di tempo (DT) almeno pari a:

- 5' per tiranti in roccia o in terreni non coesivi;
- 15' per tiranti con fondazione in terreni coesivi compatti (coesione non drenata $> 0,2$ MPa).
- 30' per tiranti con fondazione in terreni coesivi non compatti (coesione non drenata $< 0,2$ MPa).

Al termine del periodo (DT) si misurerà nuovamente l'allungamento (DJ).

Si scaricherà quindi il tirante fino al valore N_0 , misurando l'allungamento permanente (DK) rispetto alla prima applicazione di N_0 .

Per l'accettazione del singolo tirante dovranno risultare verificate le seguenti condizioni:

1) $DJ - DI < 2 \% \cdot DT$, dove " DT " è l'allungamento teorico dell'ancoraggio dato dalla relazione $DT = N_c \cdot L_t / E_s \cdot A_s$; in cui: " L_t " è la lunghezza teorica della parte libera del tirante; " A_s " è l'area della sezione trasversale della armatura ed " E_s " è il modulo di elasticità dell'acciaio;

2) $DK < 1,3$ volte l'allungamento permanente verificatosi nel corso delle prove eseguite sugli ancoraggi preliminari di prova.

Se la condizione 1) non risultasse soddisfatta si prolungherà la sosta all'apice del descritto ciclo di carico e scarico per un tempo di attesa pari a 3 volte DT. In tal caso l'ulteriore allungamento a carico costante dovrà essere $< 1\% \cdot DT$.

I tiranti che non soddisferanno i predetti requisiti di collaudo verranno sostituiti con nuovi tiranti di caratteristiche e posizione concordate con la Direzione Lavori, sentito il Progettista.

In tali casi, restando inteso che comunque i maggiori oneri che ne deriveranno saranno a totale carico dell'Impresa.

Ai tiranti risultanti idonei verrà applicata gradualmente e senza interruzioni la forza di tesatura iniziale prevista dal progetto.

Al termine delle operazioni di tesatura verranno serrati gli organi di bloccaggio.

Le apparecchiature impiegate dovranno consentire le seguenti precisioni di misurazione:

- per gli allungamenti di 0,1 mm;
- per le forze, del 2% della trazione massima di esercizio (Nes).

Esse dovranno essere tarate presso un laboratorio Ufficiale; è facoltà della Direzione Lavori richiedere a cura e spese dell'Impresa la ripetizione della taratura in caso di impieghi prolungati, o ripetuti per più di 50 tiranti, o in caso di risultati che diano adito a dubbi sulla loro attendibilità.

2.8.15 Protezioni anticorrosive in opera

La protezione anticorrosiva del tratto libero del tirante sarà completata iniettando all'interno della guaina la miscela, dopo il completamento delle operazioni di tesatura del tirante.

L'iniezione nel tratto libero della miscela cementizia prima della tesatura o di fasi eventuali di ritesatura, potrà avvenire solo per armature costituite da trefoli a sezione compatta, ingrassati e protetti da guaine individuali in P.V.C., in modo che sia assicurato lo scorrimento tra guaina e trefolo con minime resistenze.

La protezione della testa del tirante potrà essere ottenuta, nei casi in cui è prescritta la protezione di classe 1, con un getto della miscela indicata previa aggiunta di additivi antiritiro, mentre nel caso si debba realizzare una protezione di classe 2, si provvederà all'incapsulamento della testa mediante involucri protettivi di polietilene o polipropilene di spessore minimo pari a 2 mm che verranno connessi per saldatura alla guaina che avvolge il tratto libero; successivamente, con un getto di miscela cementizia, armata con rete, si proteggerà ulteriormente la testa dagli urti e dalle abrasioni. Per un periodo non inferiore a centottanta giorni decorrente dalla data della ultimazione delle operazioni di tesatura di collaudo, le teste di tutti i tiranti dovranno essere lasciate accessibili per le operazioni di controllo e ritesatura da eseguire rispettivamente a novanta e centottanta giorni dalla data della tesatura di collaudo, nelle quantità che saranno prescritte dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 20 % dei tiranti.

2.8.16 Documentazione dei lavori

Per ogni tirante, sia preliminare di prova che di progetto, dovrà essere compilata dall'Impresa, in contraddittorio con la Direzione Lavori, una scheda recante le seguenti indicazioni:

- diametro, lunghezza e sistema di perforazione;
- eventuali iniezioni preliminari di intasamento;
- tipo e dimensioni delle armature metalliche;
- lunghezza del tratto attivo;
- quantità di malta iniettata e sua composizione;
- risultati delle prove di collaudo (forze applicate e allungamenti corrispondenti misurate come descritto al relativo paragrafo);
- date di perforazione, iniezione e tesatura di collaudo.

Tale scheda dovrà essere riportata su apposito modello e tempestivamente trasmesso dall'Impresa alla Direzione Lavori.

○ *Celle di carico di tipo elettrico*

Per il controllo nel tempo della forza di tesatura dei tiranti di ancoraggio, potrà essere, eventualmente, richiesta la fornitura e posa in opera di un certo numero di celle di carico di tipo elettrico da ubicare dove previsto in progetto o, comunque, ove indicato dalla Direzione Lavori. L'onere della posa delle celle sarà compensata con apposito prezzo di elenco.

○ *Caratteristiche delle celle*

Le celle di carico, previste per l'installazione su singolo trefolo (celle di carico toroidali monotrefolo), dovranno essere conformi alle seguenti caratteristiche tecniche:

- ✗ carico nominale (fondo scala = FS) 200 kN
- ✗ sovraccarico ammesso >150 % FS
- ✗ classe di precisione <1.0 % FS
- ✗ sensibilità 2 m V/VFS
- ✗ ripetibilità <0.05 % FS
- ✗ sbilanciamento dello zero ± 1 % FS
- ✗ temperatura di utilizzo da -20° C a +50° C
- ✗ grado di protezione IP67

Le deformazioni, dovute agli sforzi di compressione, dovranno essere rilevate da almeno 4 estensimetri attivi collegati elettricamente secondo una configurazione a ponte di Wheasthorne.

Ogni cella deve essere fornita con un certificato di collaudo che garantisca sulle sue caratteristiche elettromeccaniche.

Le celle di carico dovranno presentare un foro centrale di dimensioni comprese tra 17 e 20 mm.

○ *Piastrine di ripartizione*

Ogni cella deve essere collocata tra due piastrine di ripartizione del carico, realizzate in acciaio temperato C40 oppure 38NCD4, di spessore >10 mm; le piastrine, le cui facce dovranno essere regolari e spianate al tornio, avranno un diametro esterno non inferiore a quello della cella e tale da poter essere inserite nelle sedi di alloggiamento delle bussole, previste nelle piastre di anco-raggio dei tiranti.

Le due piastrine di ripartizione presenteranno un foro centrale dello stesso diametro di quello della cella di carico.

○ *Posa in opera*

La superficie di contatto del calcestruzzo con la piastra di ancoraggio del tirante deve essere regolarizzata, se necessario, con malta ad alta resistenza per garantire un perfetto appoggio e l'assoluta perpendicolarità tra asse del tirante e piano della piastra.

Va posizionata quindi la piastra di ancoraggio centrata rispetto all'asse di sollecitazione, avendo cura di mantenerla in questa posizione durante tutta l'operazione; su di essa vengono sistemati, inserendoli nel seguente ordine in uno dei trefoli del tirante:

- ✗ la piastrina di base, che dovrà alloggiare nella sede della bussola presente nella piastra di ancoraggio del tirante;
- ✗ la cella di carico toroidale;
- ✗ la piastrina di testa;
- ✗ gli apparecchi di ancoraggio del trefolo (bussola e cunei).

La cella di carico così posizionata sarà annegata nel getto di protezione della testata del tirante.

Ogni cella di carico sarà collegata tramite cavo ad una presa da pannello provvista di coperchietto stagno.

Tutte le prese saranno contenute all'interno di un armadietto a tenuta stagna provvisto di serratura dal quale si potranno eseguire le letture tramite una centralina.

○ *Centralina portatile di lettura*

Ogni serie di celle di carico prevista in progetto deve essere corredata dalla fornitura di una centralina di lettura digitale con lettura diretta in tonnellate oppure in kN.

La centralina deve essere portatile a batteria, dotata di un tratto di cavo provvisto di terminali per l'inserimento nei connettori presenti negli armadietti stagni.

Sarà dotata inoltre di display a cristalli liquidi di comoda lettura.

Sul display devono comparire almeno quattro cifre oltre al segno.

2.9 Art. 17. Rilievi, tracciati e capisaldi

2.9.1 Rilievi

L'esecuzione dei lavori deve essere preceduta dal rilievo planimetrico dello stato di fatto da parte e a spese dell'esecutore e in contraddittorio con la direzione dei lavori.

Il rilievo è necessario per la quantificazione delle opere di scavo a sezione obbligata o di sbancamento e di movimento terra in generale.

2.9.2 Tracciati

L'esecuzione delle opere di fondazione deve essere preceduta dal tracciamento sul terreno delle strutture portanti alla quota indicata dal progetto esecutivo.

2.9.3 Capisaldi di livellazione

Unitamente agli occorrenti disegni di progetto esecutivo, in sede di consegna sarà fornito all'appaltatore l'elenco dei capisaldi di livellazione a cui si dovrà riferire nell'esecuzione dei lavori. La verifica di tali capisaldi dovrà essere effettuata con tempestività, in modo che non oltre sette giorni dalla consegna possano essere segnalate alla direzione dei lavori eventuali difformità riscontrate.

L'appaltatore è responsabile della conservazione dei capisaldi che non può rimuovere senza preventiva autorizzazione del direttore dei lavori

Per tutte le operazioni di livellazione, limitatamente a quanto non indicato espressamente nel presente capitolato, vige l'obbligo di riferirsi al testo intitolato *Guida alla progettazione e all'esecuzione delle livellazioni geometriche* della Commissione geodetica italiana (IGM, 1974), che viene a far parte del presente capitolato speciale d'appalto.

Il percorso della livellazione dovrà sempre consentire il controllo delle misure. Se la livellazione ha come scopo la determinazione di quote, la linea da istituire dovrà essere collegata a uno o più capisaldi preesistenti. In tal caso dovrà essere verificato che i dislivelli sui tratti contigui al caposaldo considerato siano rimasti invariati. La scelta del caposaldo da utilizzarsi deve essere comunque autorizzata dalla direzione dei lavori. La fase di segnalizzazione dei capisaldi e quella di misura devono essere separate da un adeguato intervallo di tempo, per consentire ai capisaldi di assumere un assetto stabile.

2.9.4 Strumentazione

Per tutti i lavori topografici dovranno essere utilizzati teodoliti con approssimazione angolare al secondo centesimale, accoppiati a distanziometri elettronici di precisione non inferiore a $5 \text{ mm} \pm 10 E - 6 \cdot D$ (con D espressa in km). In alternativa, è possibile utilizzare la total station con prestazioni analoghe.

Per quanto riguarda le quote si dovranno utilizzare dei livelli di precisione (autolivelli).

La strumentazione deve essere verificata prima dell'inizio delle operazioni di tracciamento.

3 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE EDILIZIE

3.1 Art. 21. Demolizioni

3.1.1 Interventi preliminari

L'appaltatore deve assicurarsi prima dell'inizio delle demolizioni dell'interruzione di approvvigionamenti idrici, gas e allacci di fognature nonché dell'accertamento e successiva eliminazione di elementi in amianto, in conformità alle prescrizioni del D.M. 6 settembre 1994 recante normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Ai fini pratici, i materiali contenenti amianto presenti negli edifici possono essere divisi in tre grandi categorie:

- materiali che rivestono superfici applicati a spruzzo o a cazzuola;
- rivestimenti isolanti di tubi e caldaie;
- una miscellanea di altri materiali comprendente, in particolare, pannelli ad alta densità (cemento-amianto), pannelli a bassa densità (cartoni) e prodotti tessili. I materiali in cementoamianto, soprattutto sotto forma di lastre di copertura, sono quelli maggiormente diffusi.

3.1.2 Sbarramento della zona di demolizione

Nella zona sottostante la demolizione devono essere vietati la sosta e il transito di persone e mezzi, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti.

L'accesso allo sbocco dei canali di scarico per il caricamento e il trasporto del materiale accumulato devono essere consentiti soltanto dopo che è stato sospeso lo scarico dall'alto.

3.1.3 Idoneità delle opere provvisionali

Le opere provvisionali, in legno o in ferro, devono essere allestite sulla base di giustificati calcoli di resistenza e devono essere conservate in efficienza per l'intera durata del lavoro, secondo le prescrizioni specifiche del piano di sicurezza.

Prima di reimpiegare elementi di ponteggi di qualsiasi tipo si deve provvedere alla loro revisione per eliminare le parti non ritenute più idonee.

Il coordinatore per l'esecuzione dei lavori e/o il direttore dei lavori potrà ordinare l'esecuzione di prove per verificare la resistenza degli elementi strutturali provvisionali impiegati dall'appaltatore.

Prima dell'inizio di lavori di demolizione, è fatto obbligo di procedere alla verifica delle condizioni di conservazione e di stabilità delle strutture da demolire e dell'eventuale influenza su strutture limitrofe. In relazione al risultato di tale verifica, devono essere eseguite le opere di rafforzamento e di puntellamento necessarie a evitare che, durante la demolizione, si possano verificare crolli intempestivi o danni anche a strutture di edifici confinanti o adiacenti.

3.1.4 Ordine delle demolizioni. Programma di demolizione

I lavori di demolizione, come stabilito dall'art. 151 del D.Lgs. 9 aprile 2008, n. 81, devono procedere con cautela e con ordine, devono essere eseguiti sotto la sorveglianza di un preposto e condotti in maniera da non pregiudicare la stabilità delle strutture portanti o di collegamento e di quelle eventuali adiacenti.

La successione dei lavori deve risultare da apposito programma contenuto nel POS, tenendo conto di quanto indicato nel PSC, ove previsto, che deve essere tenuto a disposizione degli organi di vigilanza.

3.1.5 Allontanamento e /o deposito delle materie di risulta

Il materiale di risulta ritenuto inutilizzabile dal direttore dei lavori per la formazione di rilevati o rinterri deve essere allontanato dal cantiere per essere portato a rifiuto presso pubblica discarica o altra discarica autorizzata. Diversamente, l'appaltatore potrà trasportare a sue spese il materiale di risulta presso proprie aree.

Il materiale proveniente dagli scavi che dovrà essere riutilizzato dovrà essere depositato entro l'ambito del cantiere o sulle aree precedentemente indicate ovvero in zone tali da non costituire intralcio al movimento di uomini e mezzi durante l'esecuzione dei lavori.

3.1.6 Proprietà degli oggetti ritrovati

La stazione appaltante, salvi i diritti che spettano allo Stato a termini di legge, si riserva la proprietà degli oggetti di valore e di quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte, l'archeologia o l'etnologia, compresi i relativi frammenti, che si rinverranno nei fondi occupati per l'esecuzione dei lavori e per i rispettivi cantieri e nella sede dei lavori stessi. L'appaltatore dovrà pertanto consegnarli alla stazione appaltante che gli rimborserà le spese incontrate per la loro conservazione e per le speciali operazioni espressamente ordinate al fine di assicurarne l'incolumità e il diligente recupero.

Qualora l'appaltatore nell'esecuzione dei lavori scopra ruderi monumentali, deve darne subito notizia al direttore dei lavori e non può demolirli né alterarli in qualsiasi modo senza il preventivo permesso del direttore stesso.

L'appaltatore deve denunciare immediatamente alle forze di pubblica sicurezza il rinvenimento di sepolcri, tombe, cadaveri e scheletri umani, ancorché attinenti pratiche funerarie antiche, nonché il rinvenimento di cose, consacrate o meno, che formino o abbiano formato oggetto di culto religioso o siano destinate all'esercizio del culto o formino oggetto della pietà verso i defunti. L'appaltatore dovrà altresì darne immediata comunicazione al direttore dei lavori che potrà ordinare adeguate azioni per una temporanea e migliore conservazione, segnalando eventuali danneggiamenti all'autorità giudiziaria.

3.1.7 Proprietà dei materiali da demolizione

I materiali provenienti da scavi o demolizioni restano in proprietà della stazione appaltante.

Quando a giudizio della direzione dei lavori possano essere reimpiegati, l'appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli per categorie nei luoghi stabiliti dalla direzione stessa, essendo di ciò compensato con gli appositi prezzi di elenco.

Qualora in particolare i detti materiali possano essere usati nei lavori oggetto del presente capitolato speciale d'appalto, l'appaltatore avrà l'obbligo di accettarli. In tal caso verrà a essi attribuito un prezzo pari al 50% del corrispondente prezzo dell'elenco contrattuale; i relativi importi devono essere dedotti dall'importo netto dei lavori, restando a carico dell'appaltatore le spese di trasporto, accatastamento, cernita, lavaggio, ecc.

3.1.8 Demolizione per rovesciamento

Salvo l'osservanza delle leggi e dei regolamenti speciali e locali, la demolizione di parti di strutture aventi altezza sul terreno non superiore a 5 m può essere effettuata mediante rovesciamento per trazione o per spinta.

La trazione o la spinta deve essere esercitata in modo graduale e senza strappi e deve essere eseguita soltanto su elementi di struttura opportunamente isolati dal resto del fabbricato in demolizione, in modo da non determinare crolli intempestivi o non previsti di altre parti.

Devono inoltre essere adottate le precauzioni necessarie per la sicurezza del lavoro, quali la trazione da distanza non minore di una volta e mezzo l'altezza del muro o della struttura da abbattere e allontanamento degli operai dalla zona interessata.

Si può procedere allo scalzamento dell'opera da abbattere per facilitarne la caduta soltanto quando essa sia stata adeguatamente puntellata. La successiva rimozione dei puntelli deve essere eseguita a distanza a mezzo di funi.

Il rovesciamento per spinta può essere effettuato con martinetti solo per opere di altezza non superiore a 3 m, con l'ausilio di puntelli sussidiari contro il ritorno degli elementi smossi.

In ogni caso deve evitarsi che, per lo scuotimento del terreno in seguito alla caduta delle strutture o di grossi blocchi, possano sorgere danni o lesioni agli edifici vicini o a opere adiacenti o derivare pericoli per i lavoratori addetti.

3.2 Art. 22. Scavi a sezione obbligata e sbancamenti in generale

3.2.1 Generalità

Per gli scavi di sbancamento generale e/o per quelli a sezione obbligata e per la formazione dei rinterri e dei rilevati si farà riferimento esclusivamente ai disegni di progetto esecutivo e alle ulteriori prescrizioni della direzione dei lavori.

3.2.2 Ricognizione

L'appaltatore prima di eseguire gli scavi o gli sbancamenti previsti deve verificare la presenza di eventuali scavi precedenti, tubazioni di acqua, gas e fognature, cavi elettrici e telefonici, cavità sotterranee, ecc. eventualmente non indicati (o indicati erroneamente) negli elaborati progettuali esecutivi, in modo da potere impiegare i mezzi idonei per l'esecuzione dei lavori in appalto.

3.2.3 Smacchiamento dell'area

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per lo smacchiamento generale della zona interessata dai lavori, ivi incluso il taglio di alberi, di siepi e l'estirpazione di eventuali ceppaie.

La terra vegetale eventualmente asportata per la profondità preventivamente concordata con la direzione dei lavori non dovrà essere mescolata con il terreno sottostante. La terra vegetale deve essere accumulata in cantiere nelle aree indicate dalla direzione dei lavori.

3.2.4 Riferimento ai disegni di progetto esecutivo

Per gli scavi di sbancamento generale e/o per quelli a sezione obbligata e per la formazione dei rinterri e dei rilevati si farà riferimento esclusivamente ai disegni di progetto esecutivo e alle prescrizioni della direzione dei lavori.

3.2.5 Splateamento e sbancamento

Nei lavori di splateamento o di sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere un'inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di 150 cm, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.

Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo o per altri motivi siano da temere frane o scoscendimenti, si deve predisporre alla necessaria armatura o al consolidamento del terreno.

3.2.6 Scavi a sezione obbligata

Gli scavi a sezione obbligata devono essere effettuati fino alle profondità indicate nel progetto esecutivo con le tolleranze ammesse.

Gli scavi a sezione obbligata eventualmente eseguiti oltre la profondità prescritta devono essere riportati al giusto livello con calcestruzzo magro o sabbione, a cura e a spese dell'appaltatore.

Eventuali tubazioni esistenti che devono essere abbandonate dovranno essere rimosse dall'area di scavo di fondazione.

Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di 150 cm, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.

I sistemi di rivestimento delle pareti devono sporgere dai bordi degli scavi di almeno 30 cm.

Idonee armature e precauzioni devono essere adottate nelle sottomurazioni e quando in vicinanza dei relativi scavi vi siano fabbriche o manufatti le cui fondazioni possano essere scoperte o indebolite dagli scavi.

3.2.7 Scavi in presenza d'acqua

Sono definiti *scavi in acqua* quelli eseguiti in zone del terreno dove la falda acquifera, pur ricorrendo a opere provvisorie di eliminazione per ottenere un abbassamento della falda, sia costantemente presente a un livello di almeno 20 cm dal fondo dello scavo.

Nel prosciugamento è opportuno che la superficie freatica si abbassi oltre la quota del fondo dello scavo per un tratto di 40-60 cm inversamente proporzionale alla granulometria del terreno in esame. Nel caso specifico è stato previsto di eseguire uno scavo in sezione provvisoria a valle della scarpata per drenaggio dell'acqua.

3.2.8 Pompe di aggettamento

Le pompe di aggettamento (o di drenaggio) devono essere predisposte dall'appaltatore in quantità, portata e prevalenza sufficienti a garantire nello scavo una presenza di acqua di falda inferiore a 20 cm e in generale per scavi poco profondi.

L'impiego delle pompe di aggettamento potrà essere richiesto a giudizio insindacabile della direzione dei lavori e per il loro impiego verrà riconosciuto all'appaltatore il compenso convenuto.

I sistemi di prosciugamento del fondo adottati dall'appaltatore devono essere accettati dalla direzione dei lavori, specialmente durante l'esecuzione di strutture in cemento armato, al fine di prevenire il dilavamento del calcestruzzo o delle malte.

3.2.9 Prosciugamento dello scavo con sistema Wellpoint

Lo scavo di fondazione può essere prosciugato con l'impiego del sistema Wellpoint ad anello chiuso (con collettori perimetrali su entrambi i lati), in presenza di terreni permeabili per porosità, come ghiaie, sabbie, limi, argille e terreni stratificati. Tale metodo comporterà l'utilizzo di una serie di minipozzi filtranti (Wellpoint), con profondità maggiore di quella dello scavo, collegati con un collettore principale di aspirazione munito di pompa autoadescante, di altezza tale da garantire il prosciugamento dello scavo. Le pompe devono essere installate nell'area circostante al terreno in cui necessita tale abbassamento. Le tubazioni di diametro e di lunghezza adeguata dovranno scaricare e smaltire le acque di aggettamento con accorgimenti atti a evitare interramenti o ostruzioni.

L'impianto di drenaggio deve essere idoneo:

- alle condizioni stratigrafiche dei terreni interessati, rilevate fino a una profondità almeno doppia rispetto a quella di prefissata per lo scavo;
- alla permeabilità dei terreni interessati, rilevata mediante prove *in situ*.

L'impresa potrà utilizzare caditoie esistenti ove possibile senza creare a immissione ultimata intasamenti alla naturale linea di smaltimento meteorica.

3.2.10 Allontanamento delle acque superficiali o di infiltrazione

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per l'esaurimento delle acque superficiali o di infiltrazioni concorrenti nei cavi, l'esecuzione di opere provvisorie per lo scolo e la deviazione preventiva di esse dalle sedi stradali o dal cantiere in generale.

3.2.11 Impiego di esplosivi

L'uso di esplosivi per l'esecuzione di scavi è vietato.

3.2.12 Deposito di materiali in prossimità degli scavi

È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle opportune puntellature.

3.2.13 Presenza di gas negli scavi

Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, devono essere adottate idonee misure contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, specie in rapporto alla natura geologica del terreno o alla vicinanza di

fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo a infiltrazione di sostanze pericolose.

Quando si sia accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione. Deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica - se siano da temere emanazioni di gas pericolosi - l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi comunque suscettibili di provocare fiamme o surriscaldamenti atti a incendiare il gas.

3.2.14 Sistemazione di strade, accessi e ripristino passaggi

Sono a carico dell'appaltatore gli oneri per la sistemazione delle strade e dei collegamenti esterni e interni e la collocazione, ove necessario, di ponticelli, andatoie, rampe e scalette di adeguata portanza e sicurezza.

Prima di dare inizio a lavori di sistemazione, varianti, allargamenti e attraversamenti di strade esistenti, l'impresa è tenuta a informarsi dell'eventuale esistenza di cavi sotterranei (telefonici, telegrafici, elettrici) o condutture (acquedotti, gasdotti, fognature) nelle zone nelle quali ricadono i lavori stessi. In caso affermativo, l'impresa dovrà comunicare agli enti proprietari di dette opere o impianti (Enel, Telecom, P.T., comuni, consorzi, società, ecc.) la data presumibile dell'esecuzione dei lavori nelle zone interessate, chiedendo altresì tutti quei dati (ubicazione, profondità, ecc.) necessari al fine di eseguire tutti i lavori con le opportune cautele, onde evitare danni alle suddette opere.

Qualora nonostante le cautele usate, si dovessero manifestare danni ai cavi o alle condotte, l'impresa dovrà procedere a darne immediato avviso mediante telegramma sia agli enti proprietari delle strade che agli enti proprietari delle opere danneggiate oltreché naturalmente alla direzione dei lavori.

Fanno comunque carico alla stazione appaltante gli oneri relativi a eventuali spostamenti temporanei e/o definitivi di cavi o condotte.

3.2.15 Manutenzione degli scavi

Gli scavi di fondazione dovranno essere mantenuti asciutti, in relazione al tipo di lavoro da eseguire. Si dovranno proteggere le zone scavate e le scarpate per evitare eventuali scoscendimenti e/o franamenti.

Rifiuti e macerie dovranno essere asportati dagli scavi prima dell'esecuzione delle opere susseguenti.

3.3 Art. 23. Divieti per l'appaltatore dopo l'esecuzione degli scavi

L'appaltatore, dopo l'esecuzione degli scavi di fondazione o di sbancamento, non può iniziare l'esecuzione delle strutture di fondazione prima che la direzione dei lavori abbia verificato la rispondenza geometrica degli scavi o degli sbancamenti alle prescrizioni del progetto esecutivo e l'eventuale successiva verifica geologica e geotecnica del terreno di fondazione.

3.4 Art. 24. Riparazione di sottoservizi

L'appaltatore ha l'obbligo e l'onere di riparare o di provvedere al pagamento delle spese di riparazione alle aziende erogatrici di eventuali sottoservizi (allacci fognari, tubazione di adduzione acqua, gas, ecc.) danneggiati dall'impresa durante l'esecuzione degli scavi e delle demolizioni.

3.5 Art. 25. Rilevati e rinterri

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature o le strutture di fondazione o da addossare alle murature o alle strutture di

fondazione e fino alle quote prescritte dagli elaborati progettuali o dalla direzione dei lavori, si impiegheranno in generale e, salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti per quel cantiere in quanto disponibili e adatte, a giudizio della direzione dei lavori, per la formazione dei rilevati.

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

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

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti, dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza non superiori a 30 cm, disponendo contemporaneamente le materie ben sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione possibile, in modo da caricare uniformemente le strutture portanti su tutti i lati e così da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

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

È vietato addossare terrapieni a murature o strutture in cemento armato di recente realizzazione e delle quali si riconosca non completato il processo di maturazione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata o imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo saranno a completo carico dell'appaltatore.

È obbligo dell'appaltatore, escluso qualsiasi compenso, dare ai rilevati durante la loro costruzione le dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché al momento del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

Le modalità e le fasi di rinterro sono definite negli elaborati grafici e vengono comunque elencate qui di seguito:

1. Rinterro e costipazione a strati di massimo 50 cm, fino alla quota primo tirante;
2. Inserimento primo ordine di tiranti e tesatura dello stesso;
3. Rinterro e costipazione a strati di massimo 50 cm, sino alla quota secondo tirante, ove presente;
4. Inserimento secondo ordine di tiranti e tesatura dello stesso;
5. Rinterro finale sino a definire il profilo di progetto.

3.6 Art. 26. Fondazioni dirette

3.6.1 Scavi di fondazione

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

La profondità del piano di posa delle fondazioni deve essere quella prevista dal progetto esecutivo. Eventuali variazioni o diversa natura del terreno devono essere comunicate tempestivamente alla direzione dei lavori, perché possa prendere i provvedimenti del caso.

Il terreno di fondazione non deve subire rimaneggiamenti e deterioramenti prima della costruzione dell'opera. Eventuali acque ruscellanti o stagnanti devono essere allontanate dagli scavi.

Il piano di posa degli elementi strutturali di fondazione deve essere regolarizzato e protetto con conglomerato cementizio magro o altro materiale idoneo, eventualmente indicato dal direttore dei lavori.

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

3.6.2 Controllo della rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto e la situazione effettiva

In corso d'opera, il direttore dei lavori deve controllare la rispondenza tra la caratterizzazione geotecnica assunta in progetto esecutivo e la situazione effettiva del terreno.

3.6.3 Magrone

Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia e il necessario costipamento dello stesso, 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 di calcestruzzo magro è quello indicato negli elaborati progettuali esecutivi delle strutture.

3.7 Art. 27. Pali di fondazione

3.7.1 Definizioni

3.7.1.1 Pali infissi

I pali infissi vengono classificati in:

- pali infissi gettati in opera;
- pali infissi prefabbricati.

3.7.1.1.1 Pali infissi gettati in opera

I pali infissi gettati in opera sono quelli realizzati riempiendo con calcestruzzo lo spazio interno vuoto di un elemento tubolare metallico fatto penetrare nel terreno mediante battitura o per vibrazione, senza asportazione del terreno medesimo.

I pali infissi gettati in opera si distinguono in:

- pali con rivestimento definitivo in lamiera d'acciaio, corrugata o liscia, chiusi alla base con un fondello d'acciaio. I pali vengono realizzati infiggendo nel terreno il rivestimento tubolare. Dopo l'infissione e l'eventuale ispezione interna del rivestimento, il palo viene completato riempiendo il cavo del rivestimento con calcestruzzo armato;
- pali realizzati tramite infissione nel terreno di un tubo forma estraibile, in genere chiuso alla base da un fondello a perdere. Terminata l'infissione, il palo viene gettato con calcestruzzo con o senza la formazione di un bulbo espanso di base. Durante il getto, il tubo-forma deve essere estratto dal terreno.

3.7.1.1.2 Pali infissi prefabbricati

I pali infissi prefabbricati sono quelli realizzati mediante battitura di manufatti, senza asportazione di terreno, eventualmente con l'ausilio di getti d'acqua in pressione alla punta.

A seconda che i pali siano prefabbricati in stabilimento o in cantiere, saranno adottate le seguenti tipologie costruttive:

- pali prefabbricati in stabilimento: in calcestruzzo centrifugato ed eventualmente precompresso, di norma a sezione circolare, di forma cilindrica, tronco-conica o cilindro-tronco-conica;
- pali prefabbricati in cantiere: in calcestruzzo vibrato, di norma a sezione quadrata.

3.7.1.2 Pali trivellati

I pali trivellati sono quelli ottenuti per asportazione del terreno e sua sostituzione con calcestruzzo armato. Durante la perforazione, la stabilità dello scavo può essere ottenuta con l'ausilio di fanghi bentonitici ovvero tramite l'infissione di un rivestimento metallico provvisorio.

3.7.1.3 Pali trivellati ad elica continua

I pali trivellati a elica continua sono i pali realizzati mediante infissione per rotazione di una trivella a elica continua e successivo getto di calcestruzzo, fatto risalire dalla base del palo attraverso il tubo convogliatore interno all'anima dell'elica, con portate e pressioni controllate.

L'estrazione dell'elica deve avvenire contemporaneamente all'immissione del calcestruzzo.

3.7.1.4 Pali con morsa giracolonna

I pali con morsa giracolonna e i pali trivellati sono realizzati all'interno di tubo-forma provvisorio in acciaio, infisso con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna. Tale tipologia è da utilizzare in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti e ove non fosse possibile l'utilizzo di diversa attrezzatura di perforazione.

3.7.1.5 Micropali

I micropali vengono classificati in:

- micropali a iniezione multipla selettiva;
- micropali a semplice cementazione.

3.7.1.5.1 Micropali a iniezione multipla selettiva

I micropali a iniezione multipla selettiva sono quelli ottenuti attrezzando le perforazioni di piccolo diametro con tubi metallici dotati di valvole di non ritorno, connessi al terreno circostante mediante iniezioni cementizie eseguite a pressione e volumi controllati.

3.7.1.5.2 Micropali a semplice cementazione

I micropali a semplice cementazione sono quelli realizzati inserendo entro una perforazione di piccolo diametro un'armatura metallica e solidarizzati mediante il getto di una malta o di una miscela cementizia.

L'armatura metallica può essere costituita:

- da un tubo senza saldature;
- da un profilato metallico della serie UNI a doppio piano di simmetria;
- da una gabbia di armatura costituita da ferri longitudinali correnti del tipo ad aderenza migliorata e da una staffatura esterna costituita da anelli o spirale continua.

La cementazione può avvenire a semplice gravità o a bassa pressione, mediante un circuito a tenuta facente capo a un dispositivo posto a bocca foro.

3.7.1.6 Pali di medio e grande diametro

3.7.1.7 Pali infissi (gettati in opera o prefabbricati)

L'appaltatore dovrà indicare alla direzione dei lavori la successione cronologica prevista per le infissioni. Dovrà inoltre assicurare il rispetto delle norme in merito ai limiti delle vibrazioni, comunicando alla direzione dei lavori i provvedimenti che intende adottare nel caso del superamento dei limiti stessi.

3.7.1.8 Pali trivellati

Le tecniche di perforazione dovranno essere le più adatte in relazione alla natura del terreno attraversato.

In particolare:

- la perforazione a secco senza rivestimento non è ammessa. In casi particolari potrà essere adottata, previa informazione alla direzione dei lavori, solo in terreni fortemente cementati o argillosi, caratterizzati da valori della coesione non drenata;
- la perforazione a secco è ammissibile solo dove possa essere eseguita senza alcun ingresso di acqua nel foro;
- la perforazione a fango non è di norma ammessa in terreni molto aperti, privi di frazioni mediofini ($D_{10} > 4 \text{ mm}$).

3.7.1.9 Pali trivellati a elica continua

La tecnica di perforazione è adatta a terreni di consistenza bassa e media, con o senza acqua di falda.

In terreni compressibili nelle fasi di getto dovranno essere adottati i necessari accorgimenti atti a ridurre o evitare sbulbature.

3.7.1.10 Attrezzature di scavo

La scelta delle attrezzature di scavo o di battitura e i principali dettagli esecutivi dovranno essere comunicati dall'appaltatore alla direzione dei lavori.

3.7.1.10.1 Tolleranze dimensionali

I pali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate negli elaborati progettuali esecutivi:

- coordinate planimetriche del centro del palo (rispetto al diametro del palo): $\pm 10\%$ (max 5 cm);
- deviazione dell'asse del palo rispetto all'asse di progetto (verticalità): $\leq \pm 2\%$;
- lunghezza:
 - pali aventi diametro < 600 mm: ± 15 cm;
 - pali aventi diametro > 600 mm: ± 25 cm.
- diametro finito: $\pm 5\%$;
- quota di testa palo: ± 5 cm.

L'impresa è tenuta a eseguire, a suoi esclusivi onere e spesa, tutte le sostitutive e/o complementari che a giudizio della direzione dei lavori, sentito il progettista, si rendessero necessarie per avviare all'esecuzione di pali in posizione e/o con dimensioni non conformi alle tolleranze qui stabilite, compresi pali aggiuntivi e opere di collegamento.

3.7.2 Materiali

3.7.2.1 Armature metalliche

Le armature metalliche dovranno essere costituite da barre ad aderenza migliorata. Le armature trasversali dei pali saranno costituite unicamente da spirali in tondino esterne ai ferri longitudinali.

I pali dovranno essere armati per tutta la lunghezza.

Le armature verranno pre-assemblate fuori opera in gabbie e i collegamenti dovranno essere realizzati con doppia legatura in filo di ferro o con morsetti.

Nel caso di utilizzo di acciaio saldabile ai sensi delle Norme tecniche emanate con D.M. 14 gennaio 2008 è possibile ricorrere alla saldatura (puntatura) delle staffe o dei cerchioni irrigidenti con i ferri longitudinali, al fine di rendere le gabbie d'armatura in grado di sopportare le sollecitazioni di movimentazione. Per le saldature devono essere rispettate le prescrizioni riportate in questo capitolato, relative alle verifiche da eseguire per accertarsi che la saldatura non abbia indotto riduzioni di resistenza nelle barre.

Gli elettrodi o i fili utilizzati devono essere di composizione tale da non introdurre fenomeni di fragilità. Le armature trasversali dovranno contrastare efficacemente gli spostamenti delle barre longitudinali verso l'esterno. Le staffe dovranno essere chiuse e risvoltate verso l'interno.

L'interasse delle staffe non dovrà essere superiore a 20 cm e il diametro dei ferri non inferiore a 10 mm. Non è consentito l'uso delle armature elicoidali ove non siano fissate solidamente a ogni spira a tutte le armature longitudinali intersecate.

In corso d'opera, la frequenza dei prelievi per le prove di verifica di cui sopra sarà di tre campioni di barra longitudinale e di staffa ogni 200-500 ml di gabbia.

L'armatura di lunghezza pari a quella del palo dovrà essere posta in opera prima del getto e mantenuta *in situ* senza poggiarla sul fondo del foro.

Al fine di irrigidire le gabbie d'armatura, potranno essere realizzati opportuni telai cui fissare le barre di armatura. Detti telai potranno essere realizzati utilizzando barre verticali legate ad anelli irrigidenti orizzontali. Orientativamente, a seconda delle dimensioni e della lunghezza del palo, potrà provvedersi un cerchiante ogni 2,5-3 m.

Non è ammessa la distribuzione delle barre verticali su doppio strato. L'intervallo netto minimo tra barra e barra, misurato lungo la circonferenza che ne unisce i centri, non dovrà in alcun caso essere inferiore a 7,5 cm.

Le gabbie di armatura dovranno essere dotate di opportuni distanziatori non metallici atti a garantire la centratura dell'armatura e di un copriferro netto minimo di 4-5 cm rispetto al rivestimento definitivo o di 6-7 cm rispetto al diametro nominale del foro nel caso di pali trivellati.

Per i distanziatori in plastica, al fine di garantire la solidarietà col calcestruzzo, è necessario verificare che la loro superficie sia forata per almeno il 25%.

I centratori dovranno essere posti a gruppi di tre o quattro, regolarmente distribuiti sul perimetro e con spaziatura verticale di 3-4 m.

Le gabbie di armatura dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine e dovranno essere messe in opera prima del getto. Ove fosse necessario, è ammessa la giunzione, che potrà essere realizzata mediante sovrapposizione non inferiore a 40 diametri, tramite impiego di un adeguato numero di morsetti.

3.7.2.2 Rivestimenti metallici

Le caratteristiche geometriche dei rivestimenti sia provvisori sia definitivi saranno conformi alle prescrizioni del progetto esecutivo.

Le caratteristiche meccaniche e di rigidità (spessore e inerzia) dovranno essere sufficienti a consentire il trasporto, il sollevamento e l'infissione, senza che gli stessi subiscano danni, ovalizzazioni, ecc.

Per i pali battuti, infissi senza alcuna asportazione di terreno, il dimensionamento dei tubi di rivestimento potrà essere realizzato con il metodo dell'onda d'urto.

I rivestimenti definitivi dei pali infissi e gettati in opera dovranno avere la base piatta e saldata al fusto, in modo da resistere alle sollecitazioni di battitura e di ribattitura, evitare infiltrazioni di acqua e non avere sporgenze esterne.

Nel caso di pali da realizzare in ambienti aggressivi, la superficie esterna del palo dovrà essere rivestita con materiali protettivi adeguati (per esempio vernici a base di poliuretano-catrame), previa approvazione del direttore dei lavori.

3.7.2.3 Fanghi bentonitici

Nella realizzazione delle opere è ammesso esclusivamente l'uso di fanghi bentonitici.

La scelta del tipo di bentonite, certificato dal fornitore, è assoggettata alla sua affinità con le caratteristiche chimico-fisiche del terreno di scavo e dell'acqua di falda.

Sul fango bentonitico dovranno essere eseguiti controlli di qualità per determinare i seguenti parametri:

4.3.7 caratteristiche della bentonite;

4.3.8 caratteristiche dell'acqua;

4.3.9 densità del fango bentonitico fresco;

4.3.10 densità, viscosità, temperatura e pH del fango bentonitico pronto per l'impiego;

4.3.11 caratteristiche del fango bentonitico nell'interno dello scavo, prima del getto;

4.3.12 contenuto in sabbia del fango $\leq 5\%$;

4.3.13 densità $\leq 1,15$ t/m³.

3.7.2.4 Modalità esecutive

Pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo

Attrezzatura

L'infissione del rivestimento dovrà essere eseguita con un battipalo scorrevole su una torre avente guide fisse con perfetto allineamento verticale.

Le caratteristiche del battipalo saranno conformi alle indicazioni di progetto, quando esistenti.

Potranno essere impiegati i seguenti tipi di battipalo:

4.3.8 battipalo a vapore ad azione singola;

4.3.9 battipalo a vapore a doppia azione;

4.3.10 battipalo diesel.

Il battipalo impiegato deve essere in grado di fornire l'energia sufficiente all'infissione entro i terreni presenti nel sito.

La definizione delle caratteristiche minime del battipalo sarà eseguita a cura dell'appaltatore, utilizzando le formule dinamiche oppure l'analisi con il metodo dell'onda d'urto, essendo noti le caratteristiche geometriche del palo, il materiale di costruzione e la portata limite richiesta dal progetto.

La massa battente del battipalo dovrà agire su un cuscino (cuffia o testa di battuta) di cui siano note le caratteristiche geometriche e di elasticità.

Per ogni attrezzatura l'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori le seguenti informazioni:

1.2 marca e tipo del battipalo;

1.3 principio di funzionamento del battipalo;

1.4 energia massima di un colpo e relativa possibilità di regolazione;

1.5 numero di colpi al minuto e relativa possibilità di regolazione;

1.6 efficienza E del battipalo;

1.7 caratteristiche del cuscino (materiale, diametro, altezza costante elastica, coefficiente di costituzione);

1.8 caratteristiche della cuffia (materiale e peso);

1.9 peso degli eventuali adattatori;

1.10 peso del battipalo.

L'efficienza E dovrà essere sempre maggiore del 70%.

Qualora richiesto dalla direzione dei lavori, l'appaltatore dovrà provvedere alla strumentazione del battipalo per la misura della velocità terminale del maglio, onde ricavare, sulla base delle caratteristiche dell'attrezzatura certificate dal costruttore, la reale efficienza E del battipalo.

3.7.2.5 Tubi di rivestimento

I tubi di rivestimento saranno in acciaio e di qualità, forma e spessore tali da sopportare tutte le sollecitazioni agenti durante l'infissione e da non subire distorsioni o collassi conseguenti alla pressione del terreno o all'infissione di pali vicini. I rivestimenti saranno chiusi alla base da una piastra in acciaio di resistenza adeguata, comunque di spessore > 3 mm, saldata per l'intera circonferenza al tubo di rivestimento. La piastra sarà priva di sporgenze rispetto al rivestimento e la saldatura sarà tale da prevenire l'ingresso di acqua all'interno per l'intera durata della battitura e oltre.

1.3 ammesso l'impiego di lamierino di modesto spessore, corrugato, battuto mediante mandrino.

1.4 ammesso l'impiego di rivestimenti a sezione variabile con raccordi flangiati.

3.7.2.5.1 Mandrino

È prevista la possibilità di utilizzare un mandrino di acciaio, di opportune dimensioni e resistenza, allo scopo di eseguire la battitura sul fondello. È ammesso l'impiego di mandrini a espansione, resi temporaneamente solidali al rivestimento.

È ammesso l'impiego di mandrini speciali per la battitura multipla di rivestimenti a sezione variabile.

3.7.2.5.2 Infissione

L'infissione dei rivestimenti tramite battitura deve avvenire senza estrazione di materiale, con spostamento laterale del terreno naturale.

L'appaltatore deve comunicare alla direzione dei lavori il programma cronologico di infissione di tutti i pali, elaborato in modo da rendere minimi gli effetti negativi dell'infissione stessa sulle opere vicine e sui pali già realizzati.

È ammessa, se prevista dal progetto ovvero se approvata dalla direzione dei lavori, l'esecuzione della battitura in due o più fasi, con eventuale modifica del procedimento (ad esempio, eseguendo dapprima la battitura in testa e prevedendo l'impiego del mandrino in seconda fase).

Nel caso di utilizzo del mandrino, esso deve essere infilato nel rivestimento. Se previsto, il mandrino deve essere espanso e mantenuto del tutto solidale al tuboforma per l'intera durata dell'infissione, a seguito della quale sarà estratto.

L'inserimento del mandrino nel rivestimento deve essere eseguito, se necessario, con l'ausilio di un palo-pozzo di diametro superiore a quello dei pali di esercizio.

Il palo-pozzo potrà essere trasformato in palo di esercizio, se accettato dalla direzione dei lavori, in funzione della sua ubicazione e delle sue caratteristiche.

Si considererà raggiunto il rifiuto allorquando, con un battipalo pienamente efficiente, si avranno avanzamenti non superiori a 10 cm per cento colpi di maglio.

Per pali di particolare lunghezza è ammessa la saldatura in opera di due spezzoni di rivestimento, il primo dei quali già infisso. Il secondo spezzone, nel corso della saldatura, deve essere mantenuto in posizione fissa da un'adeguata attrezzatura di sostegno.

L'infissione dei rivestimenti sarà arrestata quando sarà soddisfatta una delle seguenti condizioni:

1.4 raggiungimento della quota di progetto;

1.5 misurazione del rifiuto della battitura.

In quest'ultimo caso, la direzione dei lavori avrà facoltà di chiedere all'appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, ecc.).

L'appaltatore, previa comunicazione alla direzione dei lavori, potrà eseguire dei prefiori di guida all'infissione per evitare o ridurre i problemi di vibrazione o il danneggiamento di opere o pali già esistenti. Il prefioro avrà diametro massimo inferiore di almeno 20 mm rispetto a quello esterno della tubazione di rivestimento. Il prefioro potrà anche essere richiesto per il raggiungimento delle quote di progetto nel caso di livelli superficiali molto addensati o cementati.

3.7.2.5.3 Armature

Le gabbie di armatura devono essere assemblate in stabilimento o a piè d'opera, in conformità ai disegni progettuali esecutivi e con le specifiche di questo capitolato.

Esse saranno posizionate entro i rivestimenti, curando il perfetto centramento mediante l'impiego di opportuni distanziatori e rispettando con precisione le quote verticali prescritte nei disegni di progetto.

Prima del posizionamento, si avrà cura di rimuovere eventuali corpi estranei presenti nel cavo e si verificherà che l'eventuale presenza di acqua entro il tubo di rivestimento non superi il limite di 15 cm.

3.7.2.6 Pali battuti gettati in opera con tubo forma estraibile

3.7.2.6.1 Attrezzatura

L'infissione del tubo-forma provvisorio sarà eseguita con un battipalo conforme alle specifiche per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

3.7.2.6.2 Tubi di rivestimento

Le medesime specifiche per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo valgono per le caratteristiche della tubazione provvisoria.

Per l'espulsione del fondello, posto a occludere l'estremità inferiore del tubo-forma, è ammesso l'impiego di un pistone rigido di diametro pari a quello interno del tubo-forma, collegato, tramite un'asta rigida, alla base della testa di battuta.

È ammesso l'impiego di tubo-forma dotati di fondello incernierato recuperabile.

3.7.2.6.3 Infissione

L'infissione sarà effettuata in conformità a quanto specificato per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo, con la sola esclusione di quanto non applicabile.

3.7.2.6.4 Armature

Valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

3.7.2.6.5 Getto del calcestruzzo

Il getto di calcestruzzo avverrà secondo le modalità e le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo, con contemporanea estrazione e accorciamento del tuboforma provvisorio, la cui scarpa deve essere tenuta costantemente sotto un battente di calcestruzzo non inferiore a 2 m. A questo scopo, ogni manovra di accorciamento del rivestimento esterno e del tubo convogliatore deve essere preceduta dalla misurazione del livello del calcestruzzo, tramite l'impiego di uno scandaglio.

Lo scandaglio dovrà essere costituito da un grave metallico, del peso di circa 5 kg, di forma cilindrica con fondo piatto, corredato di un filo di sospensione metrato.

3.7.2.7 Pali vibro-infissi gettati in opera con tubo forma provvisorio

3.7.2.7.1 Attrezzatura

L'energia necessaria per l'infissione sarà applicata in testa al palo utilizzando un battipalo scorrevole su una torre con guide fisse con perfetto allineamento verticale e utilizzando un vibratore a masse eccentriche regolabili, a funzionamento idraulico o elettrico.

Le caratteristiche del vibratore (momento di eccentricità, numero di vibrazioni per minuto, forza centrifuga all'avvio, ampiezza e accelerazione del minimo) saranno scelte dall'appaltatore in relazione alle prestazioni da ottenere, eventualmente anche a seguito di prove tecnologiche preliminari.

3.7.2.7.2 Infissione del tubo forma

Per quanto concerne le caratteristiche del tubo forma e le modalità di infissione dello stesso, valgono le prescrizioni di per i pali battuti gettati in opera con tubo-forma estraibile.

L'infissione sarà eseguita fino al raggiungimento delle quote previste nel progetto esecutivo.

La distanza minima e/o l'intervallo di tempo tra l'infissione di due pali adiacenti sarà definita in relazione alla natura dei terreni attraversati. In ogni caso, la distanza minima non sarà inferiore a 3 diametri.

3.7.2.7.3 Posa dell'armatura e getto del calcestruzzo

Per quanto concerne le caratteristiche dell'armatura e le modalità di getto, valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con tubo-forma estraibile.

Completata l'infissione, si provvederà a porre in opera l'armatura entro il tubo-forma e si darà luogo al getto, estraendo man mano, per vibrazione, il tubo-forma provvisorio.

La vibrazione deve favorire l'assestamento del calcestruzzo. Per evitare eventuali franamenti del terreno e il conseguente inglobamento di materiale nel getto di calcestruzzo, questo dovrà avere uno slump di 9-10 cm.

L'assorbimento reale di calcestruzzo può eccedere il valore teorico, riferito al diametro nominale del palo, in misura del 10-20%.

Controlli e documentazione

L'appaltatore deve redigere per ogni palo una scheda tecnica contenente tutti i dati riguardanti il palo, ovvero:

- 1.5 numero progressivo del palo (riferito ad una planimetria);
- 1.6 profondità di infissione;
- 1.7 dati tecnici dell'attrezzatura;
- 1.8 descrizione di eventuali presunte anomalie stratigrafiche;
- 1.9 tempo necessario per l'infissione;
- 1.10 grafico degli assorbimenti di calcestruzzo.

3.7.2.8 Pali battuti prefabbricati

3.7.2.8.1 Prefabbricazione dei pali

La prefabbricazione dei pali può avvenire in stabilimento di produzione o in cantiere.

I pali prefabbricati in stabilimento dovranno essere costruiti con calcestruzzo centrifugato avente una resistenza caratteristica dopo stagionatura di $R_{ck} \geq 40$ MPa.

Se richiesto, i pali saranno di tipo precompresso con il metodo dei fili d'acciaio aderenti.

I pali troncoconici avranno un diametro esterno rastremato di 1,5 cm per metro lineare e un diametro interno non superiore alla metà dell'esterno.

I pali prefabbricati in cantiere invece saranno realizzati con calcestruzzo avente caratteristiche conformi alle prescrizioni per le opere in conglomerato cementizio fornite in questo capitolato.

La stagionatura potrà essere naturale in ambiente umido oppure a vapore. In ogni caso, i pali dovranno raggiungere caratteristiche di resistenza alla compressione e all'urto tali da permetterne l'infissione nelle condizioni stratigrafiche del sito senza lesioni e rotture.

Le armature metalliche dovranno essere costituite da barre ad aderenza migliorata. Le armature trasversali dei pali saranno costituite da uno o due spirali in filo lucido crudo esterne ai ferri longitudinali.

Le armature verranno pre-assemblate in gabbie e i collegamenti saranno ottenuti con doppia legatura in filo di ferro.

Le gabbie di armature avranno un copriferro netto minimo rispetto alla superficie del palo di 3 cm e dovranno essere perfettamente pulite ed esenti da ruggine.

3.7.2.8.2 Giunzione dei pali

Nel caso di pali di lunghezza superiore a 16 m, è ammesso il ricorso alla giunzione di due o più elementi. Il giunto dovrà essere costituito da un anello di acciaio con armatura longitudinale, solidale con ciascuno degli spezzoni di palo da unire. Gli anelli verranno saldati fra loro e protetti con vernici bituminose o epossidiche.

3.7.2.8.3 Protezione della punta

La punta dei pali dovrà essere protetta con una puntazza metallica formata da un cono di lamiera con angolo al vertice di 60°, resa solidale al fusto del palo tramite spezzoni di tondino saldati alla puntazza e annegati nel calcestruzzo.

In terreni poco compatti l'uso della puntazza potrà essere evitato.

In terreni molto compatti invece la puntazza sarà rinforzata con massello di ghisa o sostituita con uno spezzone di profilato in acciaio a doppio T (nel caso di roccia).

3.7.2.8.4 Attrezzatura

L'infissione del palo sarà eseguita con un battipalo conforme alle prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

3.7.2.8.5 Infissione

L'infissione dei pali avverrà tramite battitura, senza estrazione di materiale. Nel caso di strati granulari addensati, si potrà facilitare l'infissione con iniezioni d'acqua. In tal caso, la discesa del palo avverrà per peso proprio o con l'ausilio di una modesta battitura.

Le iniezioni d'acqua dovranno essere interrotte non appena superato lo strato granulare e comunque non oltre 2 m prima del raggiungimento della quota di progetto esecutivo.

Modalità, pressioni e portata del getto dovranno essere comunicate alla direzione dei lavori.

Se motivato da esigenze di riduzione delle vibrazioni o in alternativa all'uso delle iniezioni d'acqua, si potranno eseguire prefori aventi diametro inferiore di almeno 20 mm alla minima sezione del palo.

Il preforo non dovrà raggiungere lo strato portante (se esistente) e fermarsi comunque almeno a 2/3 della profondità di progetto.

L'infissione dei pali sarà attestata quando si registrerà il raggiungimento di una delle seguenti condizioni:

- arrivo alla quota di progetto;
- misurazione del rifiuto alla battitura.

In quest'ultimo caso, la direzione dei lavori ha facoltà di chiedere all'appaltatore la ribattitura del palo dopo 24 ore di attesa per tratti anche superiori a 0,5 m, se motivata da ragioni geotecniche particolari (forti sovrappressioni interstiziali, ecc.).

Il rifiuto si considererà raggiunto quando l'infissione corrispondente a dieci colpi di battipalo efficiente risulta inferiore a 2,5 cm.

3.7.2.8.6 Controlli e documentazione

Per i controlli e la documentazione valgono le prescrizioni fornite per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

3.7.2.9 Pali trivellati con fanghi bentonitici

3.7.2.9.1 Attrezzatura

Per la perforazione saranno utilizzate attrezzature semoventi equipaggiate con rotary. L'utensile di scavo sarà il più idoneo in relazione alla natura e alla consistenza dei terreni da scavare.

Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature dovranno essere tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare, nonché in relazione alle dimensioni (diametro e lunghezza) dei pali da eseguire.

3.7.2.9.2 Preparazione del fango bentonitico

Il fango bentonitico dovrà essere preparato e utilizzato in accordo alle modalità progettuali.

3.7.2.9.3 Perforazione

Se necessario, in corrispondenza di ciascun palo sarà posto in opera un avampozzo provvisorio di lamiera d'acciaio con funzioni di guida dell'utensile, di riferimento per la posizione planaltimetrica della sommità del palo o di difesa dall'erosione del terreno nelle fasi di immissione e risalita dell'utensile di perforazione.

La distanza minima fra gli assi di due perforazioni attigue, in corso, appena ultimate o in corso di getto dovrà essere tale da impedire eventuali fenomeni di interazione e comunque non inferiore ai 5 diametri. Qualora in fase di completamento della perforazione fosse accertata l'impossibilità di eseguire rapidamente il getto (sosta notturna, mancato trasporto del calcestruzzo, ecc.), sarà necessario interrompere la perforazione alcuni metri prima e ultimarla solo nell'imminenza del getto. Una volta raggiunte le profondità previste dal progetto, si provvederà alla sostituzione del fango di perforazione fino al raggiungimento dei prescritti valori del contenuto in sabbia, e alla eventuale pulizia del fondo foro con gli utensili più adatti (per esempio, il cleaning bucket).

Per la rimonta del fango di perforazione da sostituire prima del getto, si potrà utilizzare uno dei seguenti sistemi:

1.6 eiettore (*air lifting*);

1.7 pompa sommersa per fanghi;

1.8 pompa-vuoto applicata in testa al tubo-getto.

Nel caso di presenza nel terreno di trovanti lapidei o di strati rocciosi o cementati e per conseguire un adeguato immorsamento in substrati di roccia dura, si potrà ricorrere all'impiego di scalpelli frangiroccia azionati a percussione, di peso e forma adeguati alla natura dell'ostacolo e comunque dotati alla sommità di un anello di forma appropriata per la guida dell'utensile.

In alternativa all'uso dello scalpello, possono essere utilizzate eliche da roccia aventi spirali rinforzate e denti idonei allo stato di fessurazione della roccia da perforare.

L'impiego dello scalpello comporterà l'adozione di un rivestimento provvisorio, spinto sino al tetto della formazione lapidea, allo scopo di evitare urti e rimbalzi laterali dello scalpello contro le pareti del foro.

3.7.2.9.4 Armature

Completata la perforazione, si provvederà alla posa in opera della gabbia delle armature, preassemblata, in conformità con le specifiche previste in questo capitolato o secondo le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori.

Nel caso che il palo attraversi strati sede di falda acquifera in movimento, con pericolo di dilavamento del calcestruzzo in fase di maturazione, in corrispondenza di questi strati la gabbia sarà avvolta da una camicia tubolare di lamierino in acciaio di spessore non inferiore a 1 mm.

3.7.2.9.5 Getto del calcestruzzo

Il getto del calcestruzzo avverrà impiegando il tubo di convogliamento. Esso sarà costituito da sezioni non più lunghe di 3 m di tubo in acciaio avente diametro interno di 20-26 cm.

L'interno del tubo sarà pulito, privo di irregolarità e strozzature. Le giunzioni tra sezione e sezione saranno del tipo filettato, senza manicotto (filettatura in spessore) o con manicotti esterni che comportino un aumento di diametro non superiore a 2 cm. Sono escluse le giunzioni a flangia.

Il tubo sarà provvisto all'estremità superiore di una tramoggia di carico avente una capacità di almeno 0,5- 0,6 m³ e mantenuto sospeso da un mezzo di sollevamento.

Prima di installare il tubo getto sarà eseguita un'ulteriore misura del fondo foro. Qualora lo spessore del deposito superi i 20 cm, si provvederà all'estrazione della gabbia d'armatura e alle operazioni di pulizia.

Il tubo di convogliamento sarà posto in opera arrestando il suo piede a circa 30-60 cm dal fondo della perforazione. Al fine di evitare azioni di contaminazione o dilavamento del primo calcestruzzo gettato, prima di iniziare il getto si disporrà entro il tubo, in prossimità del suo raccordo con la tramoggia, un tappo formato da un involucro di carta o plastica, riempito con vermiculite granulare, palline di polistirolo o sabbia.

Durante il getto di calcestruzzo il tubo convogliatore sarà opportunamente manovrato, in modo da favorire l'uscita e la risalita del calcestruzzo evitando altresì la segregazione della malta dagli inerti. Previa verifica del livello raggiunto, utilizzando uno scandaglio metallico a fondo piatto, nel corso del getto il tubo di convogliamento sarà accorciato per tratti successivi, sempre conservando un'immersione minima nel calcestruzzo di 2 m.

Il getto di calcestruzzo dovrà essere portato ad almeno 0,5-1 m al di sopra delle quote di progetto della testa palo, per consentire di eliminare la parte superiore del palo (scapitozzatura).

All'inizio del getto si dovrà disporre di un volume di calcestruzzo pari a quello del tubo di getto e di almeno 3 o 4 m di palo.

È prescritta una cadenza di getto non inferiore a 15 m³/ora.

Durante le operazioni di getto, al termine dello scarico di ogni betoniera, l'appaltatore dovrà verificare la quota di riempimento del palo, in modo da avere un immediato raffronto fra la quota teorica e la quota raggiunta.

3.7.2.9.6 Controlli e documentazione

Per ciascun palo, l'appaltatore dovrà redigere una scheda indicante:

- 1.7 numero progressivo del palo (riferito a una planimetria);
- 1.8 dati tecnici dell'attrezzatura;
- 1.9 profondità di perforazione;
- 1.10 informazioni relative alla stratigrafia locale;
- 1.11 volumi e grafico del getto.

In presenza di anomalie e/o differenze rispetto alla stratigrafia prevista, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto, l'appaltatore dovrà informare tempestivamente la direzione dei lavori.

3.7.2.9.7 Pali trivellati con rivestimento provvisorio

Attrezzature

Le attrezzature per l'esecuzione dei pali trivellati con rivestimento provvisorio dovranno essere costituite da:

- 1.8 escavatori;
- 1.9 morsa muovi-colonna;
- 1.10 vibromorsa;
- 1.11 utensile di scavo.

ESCAVATORI

Per gli escavatori valgono le specifiche valide per i fanghi bentonitici.

MORSA MUOVI-COLONNA

La morsa dovrà essere costituita da un telaio rigido di supporto sul quale viene posto un collare metallico, a tre settori, dotato di un martinetto di chiusura per il serraggio della colonna di rivestimento. Sul telaio di supporto, collegato all'escavatore, saranno montati:

- 1.9 due martinetti di oscillazione, sincronizzati, che imprimono un movimento rotatorio alla colonna;
- 1.10 due martinetti di infissione ed estrazione della colonna, a funzionamento indipendente, che consentono anche di correggere eventuali deviazioni della colonna.

Il diametro nominale del collare dovrà corrispondere al diametro del palo. Sarà consentito l'impiego di opportune riduzioni.

Le caratteristiche dei martinetti e del circuito idraulico di funzionamento dovranno essere in grado di sviluppare spinta, momento torcente e serraggio della colonna adeguati al diametro e alla lunghezza del palo da realizzare.

VIBROMORSA

Per la vibromorsa valgono le prescrizioni per i pali vibro-infissi gettati in opera con tubo-forma provvisorio.

UTENSILE DI SCAVO

Per lo scavo entro la colonna di rivestimento provvisoria si utilizzerà l'utensile più adatto al tipo di terreno, prevedendo, ove necessario, l'impiego di scalpello a elevata energia demolitrice.

Tubi-forma

La tubazione sarà costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni connessi tra loro mediante innesti speciali del tipo maschio/femmina.

L'infissione della tubazione di rivestimento sarà ottenuta imprimendole un movimento rototraslatorio, mediante adeguata attrezzatura rotary e/o morsa azionata da comandi oleodinamici oppure, in terreni poco o mediamente addensati, privi di elementi grossolani e prevalentemente non coesivi, applicandole in sommità un vibratore di adeguata potenza. In questo secondo caso, la tubazione potrà essere suddivisa in spezzoni ma anche essere costituita da un unico pezzo di lunghezza pari alla profondità del palo. È ammessa la giunzione per saldatura degli spezzoni, purché non risultino varchi nel tubo che possono dar luogo all'ingresso di terreno.

Perforazione

La perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della scarpa del tubo di rivestimento.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno d'acqua (o eventualmente di fango bentonitico), con un livello non inferiore a quello della piezometrica della falda. Lo scavo all'interno sarà approfondito sino alla quota di progetto.

L'infissione sotto-scarpa della colonna di rivestimento dovrà consentire di evitare rifluimenti a fondo foro.

ARMATURE

Per le armature devono applicarsi le specifiche previste dal presente capitolato speciale e le ulteriori indicazioni del direttore dei lavori.

GETTO DEL CALCESTRUZZO

Il getto avverrà conformemente alle specifiche per i pali trivellati con fanghi bentonitici, provvedendo altresì alla contemporanea estrazione del tubo-forma provvisorio, la cui scarpa dovrà restare sotto un battente minimo di calcestruzzo non inferiore a 3 m.

CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE

Per i controlli e la documentazione, valgono le prescrizioni per i pali battuti gettati in opera con rivestimento definitivo.

Pali trivellati a elica continua

Questo tipo di palo potrà essere utilizzato solo se esplicitamente previsto in progetto.

ATTREZZATURE

Si utilizzeranno escavatori equipaggiati con rotary a funzionamento idraulico o elettrico montate su asta di guida e dotate di dispositivo di spinta.

L'altezza della torre e le caratteristiche della rotary (coppia, spinta) dovranno essere commisurate alla profondità da raggiungere.

L'equipaggiamento di cantiere dovrà comprendere la disponibilità di pompe per calcestruzzo in numero adeguato ai ritmi di esecuzione dei pali.

PERFORAZIONE

La perforazione sarà eseguita mediante una trivella a elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare.

L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto.

La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta, in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitaimento. In ogni caso, il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Qualora si riscontrassero rallentamenti della perforazione in corrispondenza di livelli di terreno intermedi o dell'eventuale strato portante inferiore, l'appaltatore con l'accordo della direzione dei lavori potrà:

1.10 eseguire prefiori di diametro inferiore al diametro nominale di pali;

1.11 ridurre la lunghezza di perforazione.

ARMATURA

L'armatura verrà inserita entro l'anima della trivella elicoidale, il cui diametro interno deve essere congruente con il diametro della gabbia di armatura.

All'interno della gabbia, dovrà essere inserito un adeguato mandrino, da tenere contrastato sul dispositivo di spinta della rotary, per ottenere l'espulsione del fondello a perdere, con effetto di precarica alla base del palo.

La gabbia dovrà essere costruita in conformità con il disegno di progetto e nel rispetto delle specifiche di cui al punto 26.5.1.

GETTO DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo dovrà essere pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione. La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. L'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata a una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari a evitare sbulbature ovvero a evitare interruzioni del getto. In particolare, il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione.

CONTROLLI E DOCUMENTAZIONE

Per ogni palo eseguito, l'appaltatore dovrà redigere una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- 2.2 numero progressivo del palo (riferito ad una planimetria);
- 2.3 profondità di perforazione;
- 2.4 osservazioni sulla stratigrafia locale;
- 2.5 tempi di perforazione per tratte successive di 5 m, e di 1 m nel tratto finale, secondo le istruzioni impartite dalla direzione dei lavori;
- 2.6 grafico dei tempi di perforazione;
- 2.7 spinta sul mandrino misurata durante l'estrazione della trivella;
- volume di calcestruzzo gettato.

In caso di differenze stratigrafiche rispetto alla situazione nota o di particolari anomalie riscontrate nei tempi di perforazione, qualora le condizioni reali risultino inferiori a quelle di progetto esecutivo, l'appaltatore dovrà procedere al riesame della progettazione e dovrà definire gli eventuali necessari provvedimenti (quali modifica del numero e delle profondità dei pali, esecuzione di preforni, ecc.), concordandoli con la direzione dei lavori.

Pali con morsa giracolonna

La perforazione necessaria all'esecuzione dei pali da realizzarsi in presenza di trovanti, strati lapidei, murature esistenti, ecc., dovrà essere eseguita, per la sola parte interessata, all'interno di tubo-forma provvisorio in acciaio infisso, con movimento rototraslatorio a mezzo di morsa giracolonna.

La tubazione dovrà essere costituita da tubi di acciaio, di diametro esterno pari al diametro nominale del palo, suddivisi in spezzoni lunghi da 2 a 2,5 m, connessi tra loro mediante manicotti esterni filettati o innesti speciali a baionetta, con risalti interni raccordati di spessore non superiore al 2% del diametro nominale.

L'infissione della tubazione di rivestimento dovrà essere ottenuta imprimendo un movimento rototraslatorio mediante una morsa azionata da comandi oleodinamici.

La superficie all'interno del tubo di rivestimento potrà essere realizzata mediante:

- benna automatica con comando a fune o azionata da motore oleodinamico;
- secchione (*bucket*) manovrato da un'asta rigida telescopica.

In entrambi i casi, si dovrà conseguire la disaggregazione del terreno e l'estrazione dei detriti dal foro. In terreni sabbiosi si potrà fare ricorso anche a utensili disagregatori rotanti, con risalita dei detriti per trascinamento a opera di una corrente ascendente di fango bentonitico.

Nel caso di presenza di falda, il foro dovrà essere costantemente tenuto pieno di fango bentonitico con livello non inferiore a quello della piezometrica della falda.

In generale, la perforazione non dovrà essere approfondita al di sotto della parte terminale del tubo forma.

3.7.2.10 Pali compenetrati

I pali compenetrati per la realizzazione di paratie impermeabili dovranno essere realizzati eseguendo con metodi tradizionali una prima serie di pali opportunamente distanziati e completando la paratia con una seconda serie di pali, che si compenetrano ai precedenti attraverso la tecnica della morsa giracolonna.

3.7.2.11 Micropali

3.7.2.11.1 Tracciamento

Prima di iniziare la perforazione, l'impresa dovrà individuare sul terreno la posizione dei micropali mediante appositi picchetti sistemati in corrispondenza dell'asse di ciascun palo.

Su ciascun picchetto dovrà essere riportato il numero progressivo del micropalo quale risulta dalla pianta della palificata.

Tale pianta, redatta e presentata alla direzione dei lavori dall'impresa esecutrice, dovrà indicare la posizione planimetrica di tutti i micropali, inclusi quelli di prova, contrassegnati con numero progressivo.

3.7.2.11.2 Micropali a iniezioni multiple selettive

Le fasi esecutive devono essere le seguenti:

- 2.3 perforazione;
- 2.4 allestimento del micropalo;
- 2.5 iniezione;
- 2.6 controlli e documentazione.

3.7.2.11.3 perforazione

La perforazione deve essere eseguita con sonda a rotazione o rotopercussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi, fino a raggiungere la profondità di progetto esecutivo.

Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoncini con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar rispettivamente.

Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo-foro, si utilizzeranno compressori di adeguata potenza.

Le caratteristiche minime richieste sono:

2.4 portata: $\geq 10 \text{ m}^3/\text{min}$;

2.5 pressione: 8 bar.

3.7.2.11.4 Allestimento del micropalo

Completata la perforazione, si deve provvedere a rimuovere i detriti presenti nel foro o in sospensione nel fluido di perforazione, prolungando la circolazione del fluido stesso fino alla sua completa chiarificazione.

Successivamente, si deve inserire l'armatura tubolare valvolata, munita di centratori, fino a raggiungere la profondità di progetto. Sono preferibili i centratori non metallici. Il tubo deve essere prolungato fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione.

Dopo tali operazioni, si deve procedere immediatamente alla cementazione del micropalo (guaina).

La messa in opera delle armature di frettaggio, ove previste, deve essere eseguita successivamente all'iniezione.

3.7.2.11.5 Iniezione

La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita utilizzando un'idonea miscela cementizia, in due o più fasi, di seguito descritte:

- formazione della guaina: non appena completata la messa in opera del tubo valvolato di armatura, si provvederà immediatamente alla formazione della guaina cementizia, iniettando attraverso la valvola più profonda un quantitativo di miscela sufficiente a riempire l'intercapedine tra le pareti del foro e l'armatura tubolare. Contemporaneamente si procederà all'estrazione dei rivestimenti provvisori, quando utilizzati, e si effettueranno i necessari rabbocchi di miscela cementizia. Completata l'iniezione di guaina, si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del tubo di armatura;

- iniezioni selettive a pressioni e volumi controllati: trascorso un periodo di 12-24 ore dalla formazione della guaina, si deve procedere all'esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio.

Si procederà valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar, in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola, si darà luogo all'iniezione in pressione, fino a ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione prescritti in progetto.

Per *pressione di iniezioni* si intende il valore minimo che si stabilisce all'interno del circuito.

L'iniezione deve essere tassativamente eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min e comunque con valori che, in relazione all'effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno (*claquage*). I volumi di iniezione devono essere non inferiori a tre volte il volume teorico del foro e comunque conformi alle prescrizioni di progetto esecutivo. Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata, trascorso un periodo di 12-24 ore. Fino a quando le

operazioni di iniezione non saranno concluse, al termine di ogni fase occorrerà procedere al lavaggio interno del tubo di armatura;

- caratteristiche degli iniettori: per eseguire l'iniezione si utilizzeranno delle pompe oleodinamiche a pistoncini, a bassa velocità, aventi le seguenti caratteristiche minime:

- pressione massima di iniezione: ≈ 100 bar;

- portata massima: ≈ 2 m³ ora;

- numero massimo pistonate/minuto: ≈ 60 .

Le caratteristiche delle attrezzature utilizzate dovranno essere comunicate alla direzione dei lavori, specificando in particolare alesaggio e corsa dei pistoncini.

3.7.2.11.6 Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito, l'appaltatore dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- numero del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a una planimetria);

- lunghezza della perforazione;

- modalità di esecuzione della perforazione: utensile, fluido, rivestimenti;

- caratteristiche dell'armatura;

- volume dell'iniezione di guaina;

- tabelle delle iniezioni selettive indicanti, per ogni valvola e per ogni fase:

- data;

- pressioni di apertura;

- volumi di assorbimento;

- pressioni raggiunte.

- caratteristiche della miscela utilizzata:

- composizione;

- peso specifico;

- viscosità Marsh;

- rendimento volumetrico o decantazione;

- dati di identificazione dei campioni prelevati per le successive prove di compressione a rottura.

3.7.2.11.7 Micropali a semplice cementazione

Le fasi esecutive devono essere le seguenti:

- perforazione;

- allestimento del micropalo;

- cementazione;

- controlli e documentazione.

3.7.2.11.8 Perforazione

Nella conduzione della perforazione ci si atterrà alle prescrizioni di cui all'articolo precedente.

3.7.2.11.9 Allestimento del micropalo

Completata la perforazione e rimossi i detriti, in accordo alle prescrizioni cui all'articolo precedente, si provvederà a inserire entro il foro l'armatura, che dovrà essere conforme ai disegni di progetto.

- Cementazione

La cementazione può avvenire per:

- riempimento a gravità: il riempimento del foro, dopo la posa delle armature, dovrà avvenire tramite un tubo di alimentazione disceso fino a 10-15 cm dal fondo, collegato alla pompa di mandata o agli iniettori. Nel caso si adotti una miscela contenente inerti sabbiosi ovvero con peso di volume superiore a quello degli eventuali fanghi di perforazione, il tubo convogliatore sarà dotato superiormente di un imbuto o tramoggia di carico. Si potrà anche procedere al getto attraverso l'armatura, se tubolare e di diametro interno ≥ 80 mm. Nel caso di malta con inerti fini o di miscela cementizia pura, senza inerti, si potrà usare per il getto l'armatura tubolare solo se il diametro interno è inferiore a 50 mm. In caso diverso, si dovrà ricorrere a un tubo di convogliamento separato con un

diametro contenuto entro i limiti sopracitati. Il riempimento sarà proseguito fino a che la malta immessa risalga in superficie, senza inclusioni o miscele con il fluido di perforazione. Si dovrà accertare la necessità o meno di effettuare rabbocchi, da eseguire preferibilmente tramite il tubo di convogliamento;

- riempimento a bassa pressione: il foro dovrà essere interamente rivestito. La posa della malta o della miscela avverrà in un primo momento, entro il rivestimento provvisorio, tramite un tubo di convogliamento, come descritto al paragrafo precedente. Successivamente, si applicherà al rivestimento un'adeguata testa a tenuta, alla quale si invierà aria in pressione (0,5÷0,6 MPa), mentre si solleverà gradualmente il rivestimento fino alla sua prima giunzione. Si smonterà allora la sezione superiore del rivestimento e si applicherà la testa di pressione al tratto residuo di rivestimento, previo rabboccamento dall'alto per riportare a livello la malta. Si procederà analogamente per le sezioni successive, fino a completare l'estrazione del rivestimento. In relazione alla natura del terreno, potrà essere sconsigliabile applicare la pressione d'aria agli ultimi 5-6 m di rivestimento da estrarre, per evitare la fatturazione idraulica degli strati superficiali.

2.3.10.11 Controlli e documentazione

Per ogni micropalo eseguito, l'appaltatore dovrà fornire una scheda contenente le seguenti indicazioni:

- numero del micropalo e data di esecuzione (con riferimento a una planimetria);
- lunghezza della perforazione;
- modalità di esecuzione della perforazione: utensile, fluido, rivestimenti;
- caratteristiche dell'armatura;
- volume della miscela o della malta;
- caratteristiche della miscela o della malta.

Tolleranze ammissibili

I micropali dovranno essere realizzati nella posizione e con le dimensioni di progetto esecutivo, con le seguenti tolleranze ammissibili, salvo più rigorose limitazioni indicate in progetto:

2.3.10.12 coordinate planimetriche del centro del micropalo: ± 2 cm;

2.3.10.13 scostamento dell'inclinazione dell'asse teorico: $\pm 2\%$;

- lunghezza: ± 15 cm;
- diametro finito: $\pm 5\%$;
- quota testa micropalo: ± 5 cm.

3.8 Art. 28. Confezionamento e posa in opera del calcestruzzo

3.8.1 Calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato

3.8.1.1 Studio e accettazione della composizione del calcestruzzo

L'impresa, a seguito dello studio di composizione del calcestruzzo effettuato in laboratorio ufficiale sulla base delle prescrizioni progettuali, indicherà alla direzione dei lavori i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su una o più combinazioni di materiali granulari lapidei utilizzabili per il lavoro in questione, specificando in modo preciso la provenienza e granulometria di ogni singola pezzatura.

Per ogni combinazione provata, verrà indicata dall'impresa la granulometria, la quantità d'acqua utilizzata, il rapporto acqua/cemento (a/c) in condizioni sature superficie asciutta, il tipo e dosaggio del cemento, il contenuto percentuale di aria inclusa, la lavorabilità e la relativa perdita nel tempo della medesima (almeno fino a due ore dal confezionamento), nonché le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

Una volta definita la formulazione della miscela, le prove di accettazione della miscela stessa dovranno essere eseguite presso un laboratorio ufficiale con i materiali componenti effettivamente usati in cantiere, tenendo conto dei procedimenti di impasto e di vibrazione adottati nello studio, i quali a loro volta avranno preso in considerazione le procedure di impasto e posa in opera adottati in cantiere. Per motivi di rapidità, le verifiche potranno essere svolte dalla direzione dei lavori direttamente in cantiere. In questo caso, dovrà essere assicurata da parte dell'impresa la massima collaborazione. L'accettazione della miscela stessa avvenuta sulla base dei valori delle resistenze meccaniche a 2, 3 e 28 giorni di maturazione, determinate su provini di forma cubica, prismatica (travetti e spezzoni) e cilindrica, dovrà essere convalidata dalle prove allo stato fresco e indurito eseguite, sempre da un laboratorio ufficiale, sul calcestruzzo prelevato durante la prova di impianto, nonché su carote prelevate dall'eventuale getto di prova.

A giudizio della direzione dei lavori, qualora l'impianto di confezionamento e l'attrezzatura di posa in opera siano stati già utilizzati con risultati soddisfacenti in altri lavori dello stesso committente, l'accettazione della miscela potrà avvenire sulla base dei risultati del solo studio di laboratorio.

Nel caso in cui le prove sul prodotto finito diano risultato negativo, fatto salvo il buon funzionamento dell'impianto di confezionamento e delle apparecchiature di posa in opera e della loro rispondenza alle caratteristiche e ai limiti di tolleranza imposti, l'impresa provvederà a suo carico a studiare una nuova miscela e a modificarla fino a che il prodotto finito non risponda alle caratteristiche prescritte. La direzione dei lavori dovrà controllare attraverso il laboratorio ufficiale i risultati presentati.

Non appena confermata, con controlli eseguiti sul prodotto finito, la validità delle prove di laboratorio eseguite in fase di studio della miscela, la composizione del calcestruzzo diverrà definitiva.

Qualora per cause imprevedute si debba variare la composizione della miscela, l'impresa, previa autorizzazione della direzione dei lavori, dovrà effettuare un nuovo studio da sottoporre all'approvazione della direzione dei lavori stessa, seguendo le modalità sopraindicate.

L'impresa dovrà in seguito assicurare i necessari controlli sul calcestruzzo allo stato fresco e indurito, affinché venga rispettata la composizione accettata e le caratteristiche fisiche e di resistenza meccanica. Le prove e i controlli saranno completamente a carico dell'impresa, la quale dovrà provvedere anche all'attrezzatura di un laboratorio idoneo a eseguire le prove ritenute necessarie dalla direzione dei lavori.

Qui di seguito verranno indicate le caratteristiche del calcestruzzo, in modo che l'impresa appaltatrice possa assumerle come riferimento nello studio della relativa miscela.

3.8.1.2 Classificazione dei conglomerati cementizi

Nella Tabella I, vengono riportati i tipi di conglomerato cementizio ed i loro campi di impiego, in via generale, salvo diverse indicazioni del Progettista.

Tabella I

TIPO DI CONGLOMERATO	IMPIEGO DEI CONGLOMERATI	Cementi Ammessi *	MASSIMO Rapporto A/C	CONSISTENZA UNI 9418 Abbassamento	Acqua Essudata UNI 7122	CLASSI Rck ****
I	- impalcati in c.a. e c.a.p., pile e spalle di ponti, viadotti, cavalcavia, sottovia, ponticelli di luce superiore a 8.00 m, new jersey; -Barriere e parapetti	Pozzolánico Altoforno, Portland **	0.45	≥ 16 cm ***	≤ 0.1%	≥40 MPa
II	-Muri di sottoscarpa e controripa c.a, ponticelli di luce sino a 8.00 m;	PozzolánicoAl toforno, Portland **	0.50	≥ 16 cm	≤ 0.1%	≥30 MPa

	-Tombini scatolari; -Fondazioni armate (pali, plinti, diaframmi, ecc.) -Conglomerati cementizi per cunette, cordoli, pavimentazioni;					
III	-Muri di sottoscarpa e controripa in conglomerato cementizio anche se debolmente armato (fino ad un massimo di 30 kg per m ³); -Fondazioni non armate (pozzi, sottoplinti, ecc.); -Rivestimenti di tubazioni (tombini tubolari, ecc.) Prismi per difese spondali;	Pozzolanico Altoforno, Portland **	0.55	≥ 16 cm	≤ 0.2%	≥25 MPa

*in presenza di concentrazione di solfati e CO₂ aggressiva, il progettista dovrà indicare il cemento più opportuno allo scopo.

** ammesso alle condizioni del successivo punto 1.3.1.

***tranne che per particolari manufatti quali pareti sottili a vibrazione programmata, barriere New Jersey o simili che richiedono abbassamenti al cono minori.

****salvo richieste di resistenze maggiori definite nel progetto.

Le prescrizioni relative alla classe di conglomerato cementizio (resistenza caratteristica cubica a 28 giorni di stagionatura espressa in MPa) sono da ritenersi come minime.

3.8.1.3 Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi

• Cemento

Per i manufatti in calcestruzzo armato, potranno essere impiegati unicamente cementi classe 32.5, 32.5 R, 42.5, 42.5 R, 52.5, 52.5 R che soddisfino i requisiti di accettazione previsti dalla Legge 26/05/1965 n° 595, dal DM 03/06/1968, nel Decreto del Ministero dell'Industria, il Commercio e l'Artigianato del 13/09/1993, nonché nel DM 09/03/1988 n°126, con l'esclusione del cemento alluminoso.

In caso di ambienti aggressivi chimicamente, il progettista dovrà indicare il cemento da utilizzare.

L'Impresa deve avere cura di approvvigionare il cemento presso cementerie che operino con sistemi di qualità certificati.

All'inizio dei lavori essa dovrà presentare alla DL un impegno, assunto dalle cementerie prescelte, a fornire cemento per il quantitativo previsto e i cui requisiti soddisfino i requisiti chimici e fisici richiesti dalle norme di accettazione.

Tale dichiarazione sarà essenziale affinché la DL possa dare il benestare per l'approvvigionamento del cemento presso le cementerie prescelte.

Nel caso in cui esso venga approvvigionato allo stato sfuso, il relativo trasporto dovrà effettuarsi a mezzo di contenitori che lo proteggano dall'umidità ed il pompaggio del cemento nei silos deve essere effettuato in modo da evitare la miscelazione fra tipi diversi.

I silos dovranno garantire la perfetta tenuta nei confronti dell'umidità atmosferica, ciascun silo dovrà contenere un cemento di un unico tipo, unica classe ed unico produttore chiaramente identificato da appositi contrassegni.

Se approvvigionato in sacchi, dovrà essere sistemato su pedane poste su un pavimento asciutto e in ambiente chiuso.

E' vietato l'uso di cementi diversi per l'esecuzione di ogni singola opera o elemento costruttivo.

• **Inerti**

Gli inerti impiegati per il confezionamento del conglomerato cementizio potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava e dovranno avere caratteristiche conformi a quelle previste per la Classe A nella Norma UNI 8520 parte 2a.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche.

Non dovranno contenere i minerali dannosi:

- pirite;
- marcasite;
- pirrotina;
- gesso;
- solfati solubili.

A cura dell'Impresa, sotto il controllo della DL, dovrà essere accertata, mediante esame mineralogico (UNI 8520 parte 4) presso un laboratorio ufficiale, l'assenza dei minerali indesiderati e di forme di silice reattiva verso gli alcali del cemento (opale, calcedonio, tridimite, cristobalite, quarzo cristallino in stato di alterazione o tensione, selce, vetri vulcanici, ossidiane), per ciascuna delle cave di provenienza dei materiali.

Ove fosse presente silice reattiva si procederà all'esecuzione delle prove della Norma UNI 8520 parte 22, punto 3, con la successione e l'interpretazione ivi descritte.

Copia della relativa documentazione dovrà essere custodita dalla DL e dall'Impresa.

In assenza di tali certificazioni il materiale non potrà essere posto in opera, e dovrà essere allontanato e sostituito con materiale idoneo.

Nella Tabella 2, sono riepilogate le principali prove cui devono essere sottoposti gli inerti.

Tali esami, dovranno essere effettuati prima dell'autorizzazione all'impiego, per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava, ogni 8000 m³ di materiali impiegati e comunque almeno una volta all'anno, nonché ogni volta la Direzione Lavori lo riterrà necessario, salvo per quanto riguarda il contenuto di solfati e di cloruri che dovrà essere effettuato giornalmente.

Per quanto riguarda il coefficiente di forma degli inerti e la granulometria si dovrà verificare che soddisfino alle indicazioni riportate nel predetto punto, ogni 1000 m³ di materiale impiegato, nonché ogni volta che la DL lo riterrà necessario.

Tabella 2

CARATTERISTICHE	PROVE	NORME	TOLLERANZA DI ACCETTABILITA'
Gelività degli aggregati	Gelività	CNR 80 UNI 8520 (parte 20)	Perdita di massa $\leq 4\%$ dopo 20 cicli
Resistenza all'abrasione	Los Angeles	CNR 34 UNI 8520 (parte 19)	Perdita di massa LA 30%
Compattezza degli aggregati	Degradabilità delle soluzioni solfatiche	UNI 8520 (parte 10)	Perdita di massa dopo 5 cicli $\leq 10\%$

Presenza di gesso e solfati solubili	Analisi chimica degli inerti	UNI 8520 (parte 11)	$SO_3 \leq 0,05\%$
Presenza di argille	Equivalente in sabbia	UNI 8520 (parte 15)	$ES \geq 80$ $VB \leq 0,6 \text{ cm}^3/\text{gr di fini}$
Presenza di pirite, marcasite e pirrotina	Analisi petrografica	UNI 8520 (parte 4)	Assenti
Presenza di sostanze organiche	Determinazione colorimetrica	UNI 8520 (parte 14)	Per aggregato fine: colore della soluzione più chiaro dello standard di riferimento
Presenza di forme di silice reattiva	Potenziale reattività dell'aggregato: <ul style="list-style-type: none">metodo chimico Potenziale attività delle miscele cemento aggregati: <ul style="list-style-type: none">metodo del prisma di malta	UNI 8520 (parte 22)	<ul style="list-style-type: none">UNI 8520 (parte 22 punto 4)UNI 8520 (parte 22 punto 5)
Presenza di cloruri solubili	Analisi chimica	UNI 8520 (parte 12)	$CI \leq 0,05\%$
Coefficiente di forma e di appiattimento	Determinazione dei coefficienti di forma e di appiattimento	UNI 8520 (parte 18)	$Cf \geq 0,15$ ($D_{\max} = 32 \text{ mm}$) $Cf \geq 0,12$ ($D_{\max} = 64 \text{ mm}$)
Frequenza delle prove	La frequenza sarà definita dal progettista e/o prescritta dalla D.L. Comunque dovranno essere eseguite prove: prima dell'autorizzazione all'impiego; per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava; ogni 8000 mc di aggregati impiegati.		

Saranno rifiutati pietrischetti, pietrischi e graniglie aventi un coefficiente di forma, determinato secondo UNI 8520 parte 18, minore di 0,15 (per un diametro massimo D_{\max} fino a 32 mm) e minore di 0,12 (per un diametro massimo D_{\max} fino a 64 mm).

La curva granulometrica dovrà essere tale da ottenere il massimo peso specifico del conglomerato cementizio a parità di dosaggio di cemento e di lavorabilità dell'impasto e dovrà consentire di ottenere i requisiti voluti sia nell'impasto fresco (consistenza, omogeneità, lavorabilità, aria inglobata, etc.) che nell'impasto indurito (resistenza, permeabilità, modulo elastico, ritiro, viscosità, durabilità, etc.).

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla granulometria della sabbia al fine di ridurre al minimo il fenomeno dell'essudazione (bleeding) nel conglomerato cementizio.

Gli inerti dovranno essere suddivisi in almeno tre pezzature, la più fine non dovrà contenere più del 15% di materiale trattenuto al vaglio a maglia quadrata da 5 mm di lato.

Le singole pezzature non dovranno contenere frazioni granulometriche appartenenti alle pezzature inferiori, in misura superiore al 15% e frazioni granulometriche, appartenenti alle pezzature superiori, in misura superiore al 10% della pezzatura stessa.

• **Acqua di impasto**

L'acqua di impasto dovrà rispettare le prescrizioni della norma UNI-EN 1008 e soddisfare ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con DM 09/01/1996 in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5/11/1971.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità prescritta in relazione al tipo di conglomerato cementizio, tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti (Norma UNI 8520 parte 5) in modo da rispettare il previsto rapporto acqua/cemento.

Se l'acqua proviene da pozzo, le suddette analisi dovranno essere effettuate ogni 1000 mc di acqua utilizzata.

Il contenuto di acqua di impasto del calcestruzzo verrà definito, in maniera sia ponderale sia volumetrica, con la tolleranza del $\pm 10\%$ (intervallo riferito al contenuto medio di acqua in l/m³).

Il valore del contenuto da rispettare sarà quello determinato in laboratorio al momento dello studio di formulazione e approvato dalla direzione dei lavori.

L'impresa fisserà in conseguenza le quantità d'acqua da aggiungere alla miscela secca nel mescolatore, tenuto conto dell'acqua inclusa assorbita e adsorbita nei materiali granulari e delle perdite per evaporazione durante il trasporto.

Il contenuto di acqua di impasto, tenendo anche conto dell'eventuale aggiunta di additivi fluidificanti, superfluidificanti e di nuova generazione, dovrà essere il minimo sufficiente a conferire all'impasto la lavorabilità specificata compatibilmente con il raggiungimento delle resistenze prescritte, in modo da realizzare un calcestruzzo compatto, evitando al tempo stesso la formazione di uno strato d'acqua libera o di malta liquida sulla superficie degli impasti dopo la vibrazione.

Per realizzare le esigenze sopra citate, il rapporto acqua/cemento potrà ridursi con taluni additivi superfluidificanti e di nuova generazione (entrambi i valori tengono conto dell'acqua adsorbita dagli inerti oltre all'acqua di impasto).

Il valore ottimo della consistenza, a cui attenersi durante la produzione del calcestruzzo, verrà scelto in funzione delle caratteristiche della macchina a casseforme scorrevoli, eventualmente dopo aver eseguito una strisciata di prova.

• **Additivi e disarmanti**

Gli additivi sono prodotti che, aggiunti al calcestruzzo in piccole quantità in massa rispetto al cemento, inducono le richieste modifiche delle proprietà del calcestruzzo.

Gli additivi devono rispettare le prescrizioni delle Norme UNI 7101÷7120 ed UNI EN 934/2, non devono contenere sostanze dannose in quantità tali da pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione delle armature.

L'impiego di additivi è consentito previa la verifica del loro dosaggio e delle prestazioni delle miscele, allo stato fresco e allo stato indurito.

Le loro caratteristiche dovranno essere verificate sperimentalmente in sede di qualifica dei conglomerati cementizi, esibendo inoltre, certificati di prova di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle disposizioni vigenti.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi, l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

E' vietato usare lubrificanti di varia natura e oli esausti come disarmanti.

Dovranno essere impiegati prodotti specifici, conformi alla norma UNI 8866, per i quali è stato verificato che non macchino o danneggino la superficie del conglomerato cementizio indurito.

L'Impresa dovrà impiegare additivi garantiti dai produttori per qualità e costanza di effetto e di concentrazione; le loro caratteristiche dovranno essere verificate preliminarmente in sede di qualifica di conglomerati cementizi.

1) Additivi fluidificanti, superfluidificanti e iperfluidificanti

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità (vedi tab. 15B) si farà costantemente uso di additivi fluidificanti e superfluidificanti del tipo approvato dalla Direzione lavori. A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante - aerante, fluidificante - ritardante e fluidificante - accelerante. Gli additivi non dovranno contenere cloruri in quantità superiore a quella ammessa per l'acqua d'impasto; il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore.

Per conglomerati cementizi che debbono avere particolari requisiti di resistenza e durabilità dovranno essere impiegati additivi iperfluidificanti (caratterizzati da una riduzione d'acqua di almeno il 30%).

2) Additivi aeranti

Per conglomerati cementizi soggetti durante l'esercizio a cicli di gelo-disgelo, si farà costantemente uso di additivi aeranti. La percentuale di aria inglobata varierà secondo quanto riportato nella tabella ISB, in rapporto alla dimensione massima degli aggregati (Dmax) e sarà misurata sul conglomerato cementizio fresco prelevato all'atto della posa in opera secondo la relativa una Norma UNI 6395.

L'Impresa dovrà adottare le opportune cautele affinché per effetto dei procedimenti di posa in opera e compattazione attuati, non si abbia una riduzione del tenore d'aria effettivamente inglobata al di sotto dei limiti della tabella.

Gli aeranti dovranno essere conformi a quanto indicato nella norma ASTM C 260; dovranno essere aggiunti al conglomerato cementizio nella betoniera in soluzione con l'acqua d'impasto con un sistema meccanico che consenta di aggiungere l'additivo con una tolleranza sulla quantità prescritta non superiore al 5% ed inoltre che ne assicuri la sua uniforme distribuzione nella massa del conglomerato cementizio durante il periodo di miscelazione.

Su richiesta della Direzione lavori, l'impresa dovrà inoltre esibire prove di Laboratorio Ufficiale che dimostrino la conformità del prodotto alle norme UNI vigenti; dovrà comunque essere garantita la qualità e la costanza di caratteristiche dei prodotti da impiegare.

TABELLA 15B - DOSAGGIO RICHIESTO DI ARIA INGLOBATA

D max	% aria
Aggregati (mm)	occlusa
10,0	7,0
12,5	6,5
20,0	6,0
25,0	5,0
40,0	4,5
50,0	4,0
75,0	13,5

(*)Tolleranza ± 1 %

Il contenuto d'aria inglobata nel conglomerato cementizio indurito potrà essere verificato con il procedimento descritto nello Standard ASTM C457 o con procedimento similare.

In alternativa all'uso di additivi aeranti è consentito l'impiego di microsfere di plastica di diametro compreso tra mm 0,010 e mm 0,050.

L'Impresa dovrà preventivamente fornire in proposito un'adeguata documentazione, basata sull'esecuzione di cicli gelo-disgelo secondo la normativa UNI.

3) Additivi ritardanti e acceleranti

Gli additivi ritardanti riducono la velocità iniziale delle reazioni tra il legante e l'acqua aumentando il tempo necessario ai conglomerati cementizi per passare dallo stato plastico a quello rigido, senza influenzare lo sviluppo successivo delle resistenze meccaniche.

Gli additivi acceleranti aumentano la velocità delle reazioni tra il legante e l'acqua e conseguentemente lo sviluppo delle resistenze dei conglomerati cementizi senza pregiudicare la resistenza finale degli impasti.

I tipi ed i dosaggi impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

4) Additivi antigelo

Gli additivi antigelo abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi. Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, ne dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

5) Silice ad alta superficie specifica (Silicafume)

Quando previsto in progetto o prescritto dalla Direzione Lavori potranno essere impiegati additivi in polvere costituiti essenzialmente da superfluidificanti su un supporto di silice amorfa ad elevatissima superficie specifica (silicafume). Ciò per ottenere conglomerati cementizi ad elevata lavorabilità, resistenza e durabilità, in particolare in presenza di gelo e disgelo e di sali disgelanti.

La quantità di silicafume aggiunta all'impasto, dell'ordine del 5-10% sul peso del cemento, dovrà essere definita d'intesa con il progettista e la Direzione Lavori in sede di qualifica preliminare del conglomerato cementizio, previa verifica mediante immersione di provini in soluzione al 10% di CaCl_2 a 5 °C per venti giorni senza che sui provini stessi si manifesti formazione di fessure o scaglie.

La Direzione dei Lavori potrà consentire l'impiego di aeranti e fluidificanti in misura non superiore al 3% del peso totale del cemento e consentire altresì l'impiego di sali anticongelanti quando, per ragioni climatiche, se ne presenti la necessità. Gli anticongelanti, i fluidificanti e gli aeranti dovranno essere di nota formulazione ed essere preventivamente accettati dalla Direzione dei Lavori. L'uso di fluidificanti e degli anticongelanti sarà effettuato a cura e spese dell'Impresa, senza diritto di indennizzi o sovrapprezzi.

• **Miscela**

Il calcestruzzo va specificato dal progettista come miscela progettata con riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita). I dati fondamentali per gli impasti a prestazione garantita, da indicarsi in tutti i casi, comprendono:

1. Classe di resistenza;
2. Massima dimensione nominale degli aggregati;
3. Tipo di struttura (semplice, armata o precompressa);
4. Classe di esposizione ambientale
5. Lavorabilità

La classe di resistenza del calcestruzzo (Tabella 9.2) è definita dalla resistenza caratteristica a compressione misurata su cubi di 150mm di lato (R_{ck}) o cilindri di diametro 150mm e altezza 300mm (f_{ck}).

Tabella 9.2

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm^2)	R_{ck} (N/mm^2)	Categoria del calcestruzzo
C8/10	8	10	non strutturale
C12/15	12	15	
C 16/20	16	20	ordinario
C20/25	20	25	
C25/30	25	30	
C30/37	30	37	
C35/45	35	45	
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	

Per la determinazione della resistenza a compressione si farà riferimento alle Norme UNI 6126, 6127, 6130, 6132 ed alle prescrizioni del DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti.

La classe di esposizione ambientale di ciascun elemento strutturale sarà di norma specificata seguendo le indicazioni delle "Linee Guida sul calcestruzzo strutturale" emanate dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (Tabella 9.3).

Tabella 9.3

Denominazione	Descrizione dell'ambiente di esposizione
X0 - Nessun rischio di corrosione	
X0	Molto secco
XC - Corrosione indotta da carbonatazione	
XC1	Secco
XC2	Bagnato raramente secco
XC3	Umidità moderata
XC4	Cicli di bagnamento e di essiccamento
XD - Corrosione indotta dai cloruri	
XD1	Umidità moderata
XD2	Bagnato raramente secco
XD3	Cicli di bagnamento e di essiccamento
XS - Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare	
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare
XS2	Sommerso

XS3	Nella zona delle maree, nella zona degli spruzzi
XF - Attacco da cicli di gelo disgelo	
XF1	Grado moderato di saturazione in assenza di sali disgelanti
XF2	Grado moderato di saturazione in presenza di sali disgelanti
XF3	Grado elevato di saturazione in assenza di sali disgelanti
XF4	Grado elevato di saturazione in presenza di sali disgelanti
XA - Attacco chimico	
XA1	Aggressività debole
XA2	Aggressività moderata
XA3	Aggressività forte

Nel caso in cui gli elaborati progettuali specifichino la classe di esposizione ambientale secondo le specifiche della Norma UNI 9858, il collegamento con le presenti Norme Tecniche può essere effettuato secondo quanto riportato nella Tabella 9.4.

Tabella 9.4

Ambiente d'esposizione secondo UNI 9858		Classi di esposizione
Secco / Molto secco	1	X0
Umido senza gelo	2a	XC1; XC2
Debolmente aggressivo	5a	XC3; XD1; XA1
Umido con gelo	2b	XF1
Marino senza gelo	4a	XS1; XD2
Moderatamente aggressivo	5b	XA2; XC4
Umido con gelo e sali disgelanti	3	XF2
Marino con gelo	4b	XF3
Fortemente aggressivo	5c	XD3; XS2; XS3; XF4; XA3

In relazione alla classe di esposizione prescritta, il calcestruzzo dovrà soddisfare ai seguenti requisiti¹:

- classe di esposizione XC:

Tabella 9.5

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XC1	0.60	280	C25/30

¹ La classe di resistenza prescritta nelle **Tabelle 9.4 – 9.9** si riferisce solamente a miscele confezionate con cementi di classe 32.5, e diametro massimo dell'aggregato tra 20 e 32mm

XC2	0.60	280	C25/30
XC3	0.55	300	C30/37
XC4	0.50	320	C30/37

- classe di esposizione XD:

Tabella 9.6

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XD1	0.55	300	C30/37
XD2	0.50	320	C30/37
XD3	0.45	350	C35/45

- classe di esposizione XS:

Tabella 9.7

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XS1	0.50	300	C30/37
XS2	0.45	320	C35/45
XS3	0.40	370	C35/45

- classe di esposizione XF:

Tabella 9.8a

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XF1	0.55	300	C30/37
XF2	0.50	320	C30/37
XF3	0.50	320	C30/37
XF4	0.45	340	C35/45

Per i calcestruzzi in classe di esposizione XF dovrà essere inoltre garantito il volume minimo di microbolle d'aria aggiunto specificato in Tabella 9.8b. Le microbolle dovranno essere uniformemente distribuite nella miscela ed avere un fattore di spaziatura < 0,20mm, misurato sul calcestruzzo indurito.

Tabella 9.8b

Diametro massimo	Aria
------------------	------

dell'aggregato (mm)	Aggiunta (%)
32	4
16	5
8	6

- classe di esposizione XA:

Tabella 9.9

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento	Classe di resistenza*
XA1	0.55	300	C30/37
XA2	0.50	320	C30/37
XA3	0.40	370	C35/45

Quando l'attacco chimico sia dovuto ai solfati, i cementi dovranno rispettare le prescrizioni della UNI 9156.

La lavorabilità degli impasti è valutata attraverso misure di consistenza del calcestruzzo fresco. Per la misura della consistenza sarà impiegato di norma il metodo dell'abbassamento al cono (UNI 9418). Se previsto negli elaborati di progetto, potranno inoltre essere richieste prestazioni basate sulla misura della consistenza attraverso la prova di spandimento (UNI 8020 - metodo B). I valori di riferimento per l'individuazione della classe di consistenza sono quelli indicati in Tabella 9.10 e Tabella 9.11.

Tabella 9.10

Classe di consistenza	Abbassamento al cono (mm)	Denominazione corrente
S1	Da 10 a 40	Umida
S2	Da 50 a 90	Plastica
S3	Da 100 a 150	Semifluida
S4	Da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	Superfluida

Tabella 9.11

Classe di consistenza	Spandimento (mm)
FB1	≤ 340
FB2	da 350 a 410
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550

FB5	da 560 a 620
FB6	≥ 630

In mancanza di esplicite diverse indicazioni negli elaborati di progetto, le miscele, al momento del getto, devono avere un abbassamento al cono di almeno 100mm (S3) o uno spandimento di almeno 420mm (FB3).

In ogni caso la classe di consistenza specificata negli elaborati di progetto, si intende riferita al momento del getto del calcestruzzo.

Il dosaggio, il tipo e la classe di cemento da utilizzare, saranno stabiliti nella fase di qualificazione delle miscele. Nella scelta si dovrà tenere conto oltre che della resistenza richiesta, del suo sviluppo nel tempo, e delle esigenze legate alla durabilità (classe di esposizione ambientale), anche della velocità di sviluppo della resistenza, e del calore di idratazione. In ogni caso il dosaggio di cemento non potrà mai scendere al di sotto dei 280 kg/m³.

L'assortimento granulometrico delle miscele dovrà essere realizzato impiegando almeno tre classi granulometriche diverse. La granulometria dell'aggregato combinato sarà progettata e messa a punto nella fase di qualifica delle miscele e dovrà garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste sia allo stato fresco che indurito. La curva granulometrica scelta per ciascuna miscela dovrà essere comunicata prima dell'inizio dei getti alla Direzione Lavori che provvederà a verificarne la costanza.

La massima dimensione nominale degli aggregati dovrà essere indicata negli elaborati di progetto, nel rispetto delle indicazioni riportate al punto 5.4 della Norma UNI 9858 e delle vigenti disposizioni di legge.

Il rapporto acqua-cemento (a/c) delle miscele sarà stabilito in modo da garantire la durabilità del calcestruzzo, il raggiungimento della resistenza richiesta dagli elaborati progettuali e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele, sia allo stato fresco che indurito.

Nella determinazione del rapporto a/c occorre considerare gli aggregati nella condizione di saturazione a superficie asciutta. Pertanto bisognerà tenere conto dell'umidità degli aggregati al momento dell'impasto, sia essa in eccesso o in difetto rispetto alla condizione su menzionata, in base ai valori di assorbimento determinati in fase di qualificazione, secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a.

3.8.1.4 qualifica preliminare dei conglomerati cementizi

L'Impresa è tenuta all'osservanza della Legge 5/11/1971 n. 1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica,, nonché delle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della predetta legge (D.M. del 09/01/96 e successivi aggiornamenti).

Lo studio, per ogni classe di conglomerato cementizio che figura nei calcoli statici delle opere, dovrà essere fornito almeno 30 giorni prima dell'inizio dei getti.

Tale studio, da eseguire presso un Laboratorio Ufficiale, dovrà comprovare la conformità del conglomerato cementizio e dei singoli componenti.

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

- resistenza caratteristica a compressione R_{ck} ,
- durabilità delle opere (UNI 8981),
- diametro massimo dell'aggregato (UNI 8520),
- tipi di cemento e dosaggi minimi ammessi,
- modulo elastico secante a compressione (UNI 6556)
- contenuto d'aria del conglomerato cementizio fresco (UNI 6395)
- ritiro idraulico (UNI 6555)
- resistenza ai cicli di gelo-disgelo (UNI 7087)
- impermeabilità (ISO DIS 7032)

Inoltre, si dovrà sottoporre all'esame della Direzione Lavori:

- a) i campioni dei materiali che intende impiegare, indicando provenienza, tipo e qualità dei medesimi;
- b) la caratterizzazione granulometrica degli aggregati;
- c) il tipo e il dosaggio del cemento, il rapporto acqua/cemento, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati, il tipo e il dosaggio degli additivi che intende usare, il contenuto di aria inglobata, il valore previsto della consistenza misurata con il cono di Abrams, per ogni tipo e classe di conglomerato cementizio;
- d) la caratteristica dell'impianto di confezionamento ed i sistemi di trasporto, di getto e di maturazione;
- e) i risultati delle prove preliminari di resistenza meccanica sui cubetti di conglomerato cementizio da eseguire con le modalità più avanti descritte;
- f) lo studio dei conglomerati cementizi ai fini della durabilità, eseguito secondo quanto precisato successivamente;

La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti di conglomerato cementizio solo dopo aver esaminato ed approvato la documentazione per la qualifica dei materiali e degli impasti di conglomerato cementizio e dopo aver effettuato, in contraddittorio con l'Impresa, impasti di prova del calcestruzzo per la verifica dei requisiti di cui alla tabella 1.

Le miscele verranno autorizzate qualora la resistenza a compressione media per ciascun tipo di conglomerato cementizio, misurata a 28 giorni sui provini prelevati dagli impasti di prova all'impianto di confezionamento, non si discosti di $\pm 10\%$ dalla resistenza indicata nella relazione di qualificazione.

Dette prove saranno eseguite sui campioni confezionati in conformità a quanto previsto ai punti a), b), c) e f).

I laboratori, il numero dei campioni e le modalità di prova saranno quelli indicati dalla Direzione Lavori.

L'esame e la verifica, da parte della DL dei certificati dello studio preliminare, non esonerano in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla DL, essa Impresa rimane l'unica e diretta responsabile delle opere a termine di legge.

Caratteristiche dei materiali e composizione degli impasti, definite in sede di qualifica, non possono essere modificati in corso d'opera.

Qualora eccezionalmente, si prevedesse una variazione dei materiali, la procedura di qualifica dovrà essere ripetuta.

Qualora l'Impresa impieghi conglomerato cementizio preconfezionato pronto all'uso, per il quale si richiama la Norma UNI 9858/91, le prescrizioni sulla qualificazione dei materiali, la composizione degli impasti e le modalità di prova, dovranno essere comunque rispettate.

Si puntualizza che per la realizzazione delle opere in conglomerato cementizio dovrà comunque essere impiegato esclusivamente "conglomerato cementizio a prestazione garantita" secondo la Norma UNI 9858.

3.8.2 Controlli in corso d'opera

La Direzione Lavori eseguirà controlli 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 consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Impresa dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati, per l'esecuzione delle prove previste, in cantiere e/o all'impianto di confezionamento, ad eccezione delle determinazioni chimiche che dovranno essere eseguite presso un Laboratorio Ufficiale.

- **Granulometria degli inerti**

Gli inerti oltre a soddisfare le prescrizioni precedentemente riportate dovranno appartenere a classi granulometricamente diverse e mescolati nelle percentuali richieste formando miscele granulometricamente costanti tali che l'impasto fresco ed indurito abbia i prescritti requisiti di resistenza, consistenza, aria inglobata, permeabilità e ritiro.

La curva granulometrica dovrà, in relazione al dosaggio di cemento, garantire la massima compattezza al conglomerato cementizio.

Il diametro massimo dell'inerte dovrà essere scelto in funzione delle dimensioni dei copriferri ed interferri, delle caratteristiche geometriche delle casseforme, delle modalità di getto e del tipo di mezzi d'opera.

I controlli saranno quelli riportati al punto 1.3.2.

- **Resistenza dei conglomerati cementizi**

Durante l'esecuzione delle opere cementizie per la determinazione delle resistenze a compressione dei conglomerati, per la preparazione e stagionatura dei provini, per la forma e dimensione degli stessi e relative casseforme, dovranno essere osservate le prescrizioni previste dall'allegato 2 delle Norme Tecniche del D.M. 9 Gennaio 1996.

Ad integrazione di tali norme, la Direzione dei Lavori ordinerà n. 3 (tre) prelievi costituiti ciascuno da n. 2 provini in modo da poter assoggettare uno dei prelievi a prove preliminari di accettazione presso il laboratorio di cantiere, o altro posto nelle vicinanze del cantiere stesso, resta inteso che il secondo prelievo andrà sottoposto a prove presso un Laboratorio ufficiale ed il terzo prelievo sarà utilizzato, all'occorrenza, nel caso si rendesse necessario eseguire altre prove.

Nel caso che il valore della resistenza caratteristica cubica (R_{ck}) ottenuta sui provini assoggettati a prove nei laboratori di cantiere risulti essere inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la DL potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera d'arte interessata in attesa dei risultati delle prove eseguite presso Laboratori Ufficiali.

Qualora anche dalle prove eseguite presso Laboratori ufficiali risultasse un valore della R_{ck} inferiore a quello indicato nei calcoli statici e nei disegni di progetto, ovvero una prescrizione del controllo di accettazione non fosse rispettata, occorre procedere, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base della resistenza ridotta del conglomerato, ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante prove complementari, o col prelievo di provini di calcestruzzo indurito messo in opera o con l'impiego di altri mezzi di indagine.

Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la R_{ck} è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione Lavori il calcestruzzo verrà contabilizzato in base al valore della resistenza caratteristica trovata.

Nel caso che la R_{ck} non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, l'Impresa sarà tenuta a sua cura e spese alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori.

Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa se la R_{ck} risulterà maggiore a quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Nel caso in cui la DL richieda il prelievo di campioni da strutture già realizzate e stagionate, questo prelievo da eseguire in contraddittorio, potrà avvenire sia asportando un blocco informe dal quale ricavare successivamente i provini di forma cubica, sia eseguendo carotaggi dai quali ricavare i provini di forma cubica, sia eseguendo carotaggi dai quali ricavare un numero adeguato di provini cilindrici mediante operazioni di taglio e verifica delle basi.

Sulle opere già eseguite potranno essere eseguite prove non distruttive, a mezzo di sclerometro od altre apparecchiature.

Con lo sclerometro le modalità di prova saranno le seguenti:

- nell'intorno del punto prescelto dalla Direzione Lavori verrà fissata un'area non superiore a 0,1 m², su di esso si eseguiranno 10 percussioni con sclerometro, annotando i valori dell'indice letti volta per volta. Si determinerà la media aritmetica di tali valori.
- Verranno scartati i valori che differiscono più di 15 centesimi dall'escursione totale della scala sclerometro.
- Tra i valori non scartati, se non inferiori a 6, verrà dedotta la media aritmetica che, attraverso la tabella di taratura dello sclerometro, darà la resistenza a compressione del calcestruzzo.
- Se il numero dei valori non scartati è inferiore a 6 la prova sarà ritenuta non valida e dovrà essere rieseguita in una zona vicina.
- Di norma per ciascun tipo di sclerometro verrà adottata la tabella di taratura fornita dalla relativa casa costruttrice. La DL si riserva di effettuare in contraddittorio la taratura dello sclerometro direttamente sui provini che successivamente verranno sottoposti a prova distruttiva di rottura a compressione.

Per l'interpretazione dei risultati è buona norma procedere anche a prove di confronto su strutture le cui prove di controllo abbiano dato risultati certi.

Nella eventualità di risultati dubbi, si dovrà procedere al controllo diretto della resistenza a rottura per compressione mediante prove distruttive su provini prelevati direttamente in punti opportuni delle strutture, secondo le metodologie precedentemente richiamate.

La stima delle caratteristiche meccaniche sui provini cubici e/o cilindrici ricavati dal carotaggio della struttura potrà essere effettuata adottando la metodologia di seguito descritta.

L'affidabilità della stima della resistenza caratteristica del conglomerato cementizio si dovrà basare sul numero di provini n il cui diametro, di norma non inferiore a 100 mm, dovrà essere compreso tra 2,5 e 5 volte il diametro massimo dell'aggregato impiegato.

Il rapporto tra altezza e diametro del provino cilindrico tra il valore $s = 1,0$ e $s = 1,2$.

Nel caso di provini cubici si assume $s = 1,0$.

Per ogni lotto di conglomerato di 100 m³ di conglomerato cementizio indagato o frazione, n dovrà essere non inferiore a 4 (quattro).

Al fine di riportare la resistenza misurata sul provino prelevato dalla struttura a quella del corrispondente provino cubico prelevato durante il getto, si dovranno adottare le seguenti relazioni valide rispettivamente per carotaggi eseguiti perpendicolarmente e parallelamente alla direzione di getto:

$$R_i = 2.5 \sigma / (1.5 + 1/s)$$

$$R_i = 2.3 \sigma / (1.5 + 1/s)$$

Dove :

σ è la resistenza a compressione misurata sul singolo provino cilindrico o cubico sottoposto a prova di compressione semplice previste dalla Norma UNI 6132.

Poiché l'attendibilità dei risultati, al 95% dell'intervallo di confidenza, è stimata pari a:

$$\pm 12\% / (n)^{1/2}$$

La valutazione della resistenza stimata del lotto di conglomerato cementizio indagato risulta:

$$F_{stim} = (1 - (12\% / (n)^{1/2})) \sum R_i / n$$

Dove:

F_{stim} = resistenza stimata del lotto di conglomerato cementizio;

n = numero dei provini relativi al lotto di conglomerato cementizio indagato;

R_i = resistenza cubica del singolo provino prelevato.

Tale resistenza dovrà essere incrementata di un coefficiente b , assunto pari a 1,20, per tenere in considerazione eventuali disturbi arrecati dal carotaggio, differenti condizioni di costipazione, maturazione, conservazione tra il conglomerato cementizio gettato in opera e quello dei provini cubici prelevati per determinare la resistenza caratteristica R_{ck} .

Pertanto, se :

$$(F_{stim} * b) - 3,5 \text{ N/mm}^2 > R_{ck}$$

la resistenza caratteristica del lotto di conglomerato cementizio posto in opera è conforme a quella prevista in progetto;

$$(F_{stim} * b) - 3,5 \text{ N/mm}^2 < R_{ck}$$

la resistenza caratteristica del lotto di conglomerato cementizio posto in opera non è conforme a quella prevista nel progetto ed in tal caso la DL, sentito il progettista, al fine di accettare si riserva di adottare più accurate determinazioni e verifiche che saranno a totale carico dell'Impresa.

Le prove di compressione sulle carote o cubi dovranno essere eseguite esclusivamente presso Laboratori Ufficiali.

I dati riscontrati dovranno essere registrati con data, ora e punti di prelievo, comprensivi delle note di commento a cura della DL.

- **Controllo della 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 9418, tale prova dovrà essere eseguita in concomitanza a ciascun prelievo di campioni.

La prova è da considerarsi significativa per abbassamenti compresi tra 20 e 240 mm.

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 inferiori ai 20 mm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo il metodo DIN 1048, o con l'apparecchio VEBE'.

- **Controllo del rapporto acqua/cemento**

Il rapporto acqua/cemento dovrà essere valutato tenendo conto dell'acqua contenuta negli inerti che di quella assorbita dagli stessi (Norma UNI 8520 parte 13 e 16, condizione di inerte "saturato a superficie asciutta", per la quale l'aggregato non cede e non assorbe acqua all'impasto).

Il suddetto rapporto, dovrà essere controllato secondo le indicazioni riportate nella Norma UNI 6393 (par. 5 e 6), e non dovrà discostarsi di ± 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 ± 0.02 da quello verificato in fase di qualificazione della relativa miscela.

- **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. Tale prova andrà eseguita in cantiere almeno 1 volta al giorno.

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.

- **Controllo del contenuto di aria**

La prova del contenuto di aria dovrà essere effettuata ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante. Essa verrà eseguita con il metodo UNI 6395 – 72.

Tale contenuto dovrà essere determinato con le cadenze previste al punto 11.3.10 della Norma UNI 9858.

- **Controllo del contenuto di cemento**

Tale controllo dovrà essere eseguito su conglomerato cementizio fresco, secondo quanto stabilito dalle Norme UNI 6126 – 72 e 6394 – 69.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella scelta del luogo di esecuzione, in quanto tale prova deve essere eseguita su conglomerato cementizio fresco, entro 30 minuti dall'impasto.

3.8.3 Confezione, trasporto e posa in opera del calcestruzzo per strutture in calcestruzzo semplice e armato

3.8.3.1 Attrezzatura di cantiere

Prima dell'inizio del lavoro, l'impresa dovrà sottoporre alla direzione dei lavori l'elenco e la descrizione dettagliata delle attrezzature che intende impiegare per il confezionamento del calcestruzzo; queste dovranno essere di potenzialità proporzionata all'entità e alla durata del lavoro e dovranno essere armonicamente proporzionate in tutti i loro componenti in modo da assicurare la continuità del ciclo lavorativo.

L'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà essere fisso e di tipo approvato dalla direzione dei lavori. L'organizzazione preposta a detti impianti dovrà comprendere tutte le persone e le professionalità necessarie per assicurare la costanza di qualità dei prodotti confezionati.

I predosatori dovranno essere in numero sufficiente a permettere le selezioni di pezzature necessarie.

Il mescolatore dovrà essere di tipo e capacità approvate dalla direzione dei lavori e dovrà essere atto a produrre calcestruzzo uniforme e a scaricarlo senza che avvenga segregazione apprezzabile. In particolare, dovrà essere controllata l'usura delle lame, che verranno sostituite allorquando quest'ultima superi il valore di 2 cm. All'interno del mescolatore si dovrà anche controllare giornalmente, prima dell'inizio del lavoro, che non siano presenti incrostazioni di calcestruzzo indurito.

3.8.3.2 Confezione del calcestruzzo

La dosatura dei materiali per il confezionamento del calcestruzzo nei rapporti definiti con lo studio di progetto e la sua accettazione da parte della direzione dei lavori, dovrà essere fatta con impianti interamente automatici, esclusivamente a massa, con bilance del tipo a quadrante, di agevole lettura e con registrazione delle masse di ogni bilancia. A spese dell'impresa andrà effettuata la verifica della taratura prima dell'inizio dei lavori e con cadenza settimanale, nonché ogni qualvolta risulti necessario, fornendo alla direzione dei lavori la documentazione relativa.

La direzione dei lavori, allo scopo di controllare la potenza assorbita dai mescolatori, si riserverà il diritto di fare installare nell'impianto di confezionamento dei registratori di assorbimento elettrico, alla cui installazione e spesa dovrà provvedere l'impresa appaltatrice. La direzione dei lavori potrà richiedere all'impresa l'installazione sulle attrezzature di dispositivi e metodi di controllo per verificarne in permanenza il buon funzionamento. In particolare, la dosatura degli aggregati lapidei, del cemento, dell'acqua e degli additivi dovrà soddisfare alle condizioni seguenti:

- degli aggregati potrà essere determinata la massa cumulativa sulla medesima bilancia, purché le diverse frazioni granulometriche (o pezzature) vengano misurate con determinazioni distinte;
- la massa del cemento dovrà essere determinata su una bilancia separata;
- l'acqua dovrà essere misurata in apposito recipiente tarato, provvisto di dispositivo che consenta automaticamente l'erogazione effettiva con la sensibilità del 2%;
- gli additivi dovranno essere aggiunti agli impasti direttamente nel miscelatore a mezzo di dispositivi di distribuzione dotati di misuratori.

Il ciclo di dosaggio dovrà essere automaticamente interrotto qualora non siano realizzati i ritorni a zero delle bilance, qualora la massa di ogni componente scarti dal valore prescritto oltre le tolleranze fissate di seguito e infine qualora la sequenza del ciclo di dosaggio non si svolga correttamente.

L'interruzione del sistema automatico di dosaggio e la sua sostituzione con regolazione a mano potrà essere effettuata solo previa autorizzazione della direzione dei lavori.

Nella composizione del calcestruzzo, a dosatura eseguita e immediatamente prima dell'introduzione nel mescolatore, saranno ammesse le seguenti tolleranze:

2% sulla massa di ogni pezzatura dell'aggregato;

3% sulla massa totale dei materiali granulari;

2% sulla massa del cemento.

Vanno rispettate le tolleranze ammesse sulla composizione granulometrica di progetto. Tali tolleranze devono essere verificate giornalmente tramite lettura delle determinazioni della massa per almeno dieci impasti consecutivi.

3.8.3.3 Tempo di mescolamento

Il tempo di mescolamento deve essere quello raccomandato dalla ditta costruttrice l'impianto di confezionamento del calcestruzzo e, in ogni caso, non potrà essere inferiore a un minuto.

L'uniformità della miscela deve essere controllata dalla direzione dei lavori prelevando campioni di calcestruzzo all'inizio, alla metà e alla fine dello scarico di un impasto e controllando che i tre prelievi non presentino abbassamenti al cono che differiscono tra di loro di più di 20 mm né composizione sensibilmente diversa.

La direzione dei lavori potrà rifiutare gli impasti non conformi a questa prescrizione. Inoltre, qualora le differenze in questione riguardino più del 5% delle misure effettuate nel corso di una medesima giornata di produzione, le attrezzature di confezionamento saranno completamente verificate e il cantiere non potrà riprendere che su ordine esplicito della direzione dei lavori e dopo che l'impresa abbia prodotto la prova di una modifica o di una messa a punto degli impianti tale da migliorare la regolarità della produzione del calcestruzzo.

3.8.3.4 Trasporto del calcestruzzo

Il trasporto del calcestruzzo dall'impianto di confezionamento al cantiere di posa in opera e tutte le operazioni di posa in opera dovranno comunque essere eseguite in modo da non alterare gli impasti, evitando in particolare ogni forma di segregazione, la formazione di grumi e altri fenomeni connessi all'inizio della presa.

Se durante il trasporto si manifesterà una segregazione, dovrà essere modificata in accordo con la direzione dei lavori la composizione dell'impasto, soprattutto se persiste dopo variazione del rapporto acqua/cemento. Se ciò malgrado la segregazione non dovesse essere eliminata, dovrà essere studiato nuovamente il sistema di produzione e trasporto del calcestruzzo.

3.8.3.5 Documenti di consegna

L'appaltatore dovrà fornire alla direzione dei lavori, prima o durante l'esecuzione del getto, il documento di consegna del produttore del calcestruzzo, contenente almeno i seguenti dati:

- impianto di produzione;
- quantità in metri cubi del calcestruzzo trasportato;
- dichiarazione di conformità alle disposizioni della norma **UNI EN 206-1**;
- denominazione o marchio dell'ente di certificazione;
- ora di carico;
- ore di inizio e fine scarico;
- dati dell'appaltatore;
- cantiere di destinazione.

Per il calcestruzzo a prestazione garantita, la direzione dei lavori potrà chiedere le seguenti informazioni:

tipo e classe di resistenza del cemento;

tipo di aggregato;

tipo di additivi eventualmente aggiunti;

rapporto acqua/cemento;

prove di controllo di produzione del calcestruzzo;

sviluppo della resistenza;

provenienza dei materiali componenti.

Per i calcestruzzi di particolare composizione dovranno essere fornite informazioni circa la composizione, il rapporto acqua/cemento e la dimensione massima dell'aggregato.

Il direttore dei lavori potrà rifiutare il calcestruzzo qualora non rispetti le prescrizioni di legge e contrattuali, espresse almeno in termini di resistenza contrattistica e classe di consistenza.

Le considerazioni su esposte valgono anche per il calcestruzzo confezionato in cantiere.

3.8.4 Norma di riferimento

UNI EN 206-1 - Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità.

3.8.5 Esecuzione del getto del calcestruzzo per calcestruzzo semplice e armato

3.8.5.1. Programma dei getti

L'impresa esecutrice è tenuta a comunicare con dovuto anticipo al direttore dei lavori il programma dei getti del calcestruzzo indicando:

2.3.10.19 il luogo di getto;

2.3.10.20 la struttura interessata dal getto;

2.3.10.21 la classe di resistenza e di consistenza del calcestruzzo.

I getti dovrebbero avere inizio solo dopo che il direttore dei lavori ha verificato:

2.5 la preparazione e rettifica dei piani di posa;

2.6 la pulizia delle casseforme;

2.7 la posizione e corrispondenza al progetto delle armature e del copriferro;

2.8 la posizione delle eventuali guaine dei cavi di precompressione;

2.9 la posizione degli inserti (giunti, water stop, ecc.);

2.10 l'umidificazione a rifiuto delle superfici assorbenti o la stesura del disarmante.

Nel caso di getti contro terra è bene controllare che siano eseguite, in conformità alle disposizioni di progetto, le seguenti operazioni:

- la pulizia del sottofondo;

- la posizione di eventuali drenaggi;

- la stesa di materiale isolante e/o di collegamento.

3.8.5.2 Modalità esecutive e verifica della corretta posizione delle armature

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

Prima dell'esecuzione del getto la direzione dei lavori dovrà verificare:

- la corretta posizione delle armature metalliche;
- la rimozione di polvere, terra, ecc., dentro le casseformi;
- i giunti di ripresa delle armature;
- la bagnatura dei casseri;
- le giunzioni tra i casseri;
- la pulitura dell'armatura da ossidazioni metalliche superficiali;
- la stabilità delle casseformi, ecc.

I getti devono essere eseguiti a strati di spessore limitato per consentirne la vibrazione completa ed evitare il fenomeno della segregazione dei materiali, spostamenti e danni alle armature, guaine, ancoraggi, ecc.

Il calcestruzzo pompabile deve avere una consistenza semifluida, con uno slump non inferiore a 10-15 cm. Inoltre, l'aggregato deve avere diametro massimo non superiore ad 1/3 del diametro interno del tubo della pompa.

Le pompe a rotore o a pistone devono essere impiegate per calcestruzzo avente diametro massimo dell'aggregato non inferiore a 15 mm. In caso di uso di pompe a pistone devono adoperarsi le necessarie riduzioni del diametro del tubo in relazione al diametro massimo dell'inerte che non deve essere superiore a 1/3 del diametro interno del tubo di distribuzione.

Le pompe pneumatiche devono adoperarsi per i betoncini e le malte o pasta di cemento.

La direzione dei lavori, durante l'esecuzione del getto del calcestruzzo, dovrà verificare la profondità degli strati e la distribuzione uniforme entro le casseformi, l'uniformità della compattazione senza fenomeni di segregazione e gli accorgimenti per evitare danni dovuti alle vibrazioni o urti alle strutture già gettate.

L'appaltatore ha l'onere di approntare i necessari accorgimenti per proteggere le strutture appena gettate dalle condizioni atmosferiche negative o estreme, quali pioggia, freddo, caldo.

La superficie dei getti deve essere mantenuta umida per almeno 15 giorni e comunque fino a 28 giorni dall'esecuzione, in climi caldi e secchi.

Non si deve mettere in opera calcestruzzo a temperature minori di 0 °C, salvo il ricorso a opportune cautele autorizzate dalla direzione dei lavori.

3.8.5.3 Realizzazione delle gabbie delle armature per cemento armato

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.

3.8.5.4 Ancoraggio delle barre e loro giunzioni

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso, la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di venti volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare quattro volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto, nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali tipi di giunzioni devono essere preventivamente validati mediante prove sperimentali.

Per le barre di diametro $\phi > 32$ mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

L'appaltatore dovrà consegnare preventivamente al direttore dei lavori le schede tecniche dei prodotti da utilizzare per le giunzioni.

3.8.5.5 Getto del calcestruzzo ordinario

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si deve effettuare applicando tutti gli accorgimenti atti a evitare la segregazione.

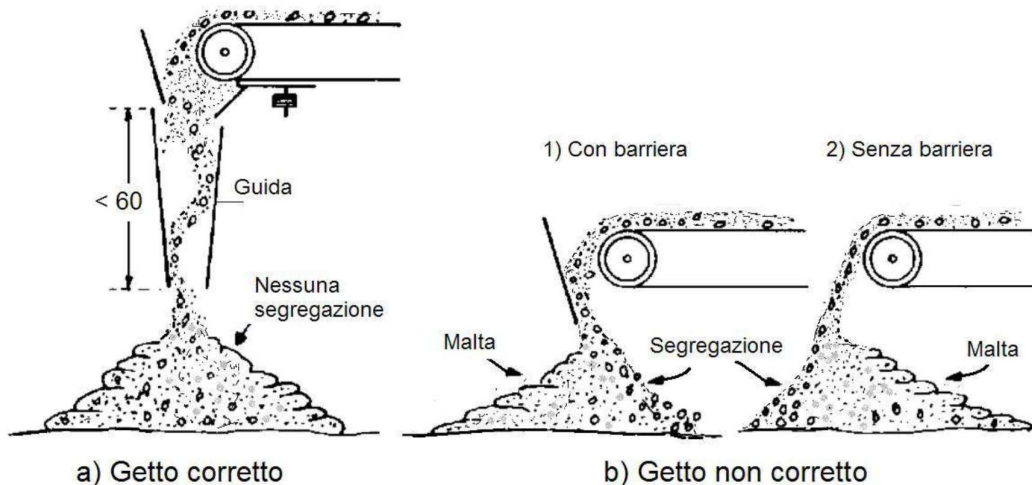
È opportuno che l'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non ecceda 50-80 cm e che lo spessore degli strati orizzontali di calcestruzzo, misurato dopo la vibrazione, non sia maggiore di 30 cm.

Si deve evitare di scaricare il calcestruzzo in cumuli da stendere poi successivamente con l'impiego dei vibratori, in quanto questo procedimento può provocare l'affioramento della pasta cementizia e la segregazione. Per limitare l'altezza di caduta libera del calcestruzzo, è opportuno utilizzare un tubo di getto che consenta al calcestruzzo di fluire all'interno di quello precedentemente messo in opera.

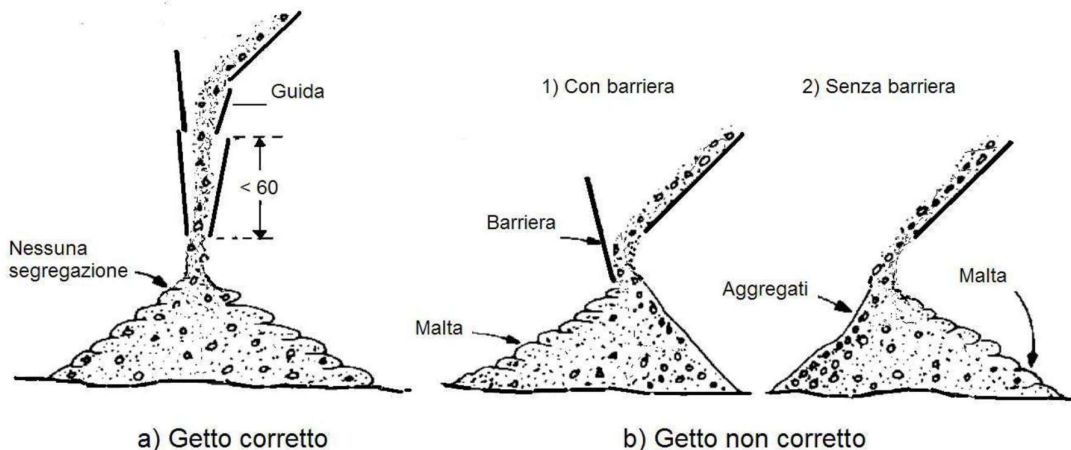
Nei getti in pendenza è opportuno predisporre dei cordolini d'arresto atti a evitare la formazione di lingue di calcestruzzo tanto sottili da non poter essere compattate in modo efficace.

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

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



Esempi di getto di calcestruzzo con nastro trasportatore: a) getto corretto e b) getto non corretto. Nel caso b) si ha la separazione degli aggregati dalla malta cementizia. La barriera comporta soltanto il cambiamento di direzione della segregazione



Esempi di getto di calcestruzzo da piano inclinato: a) getto corretto e b) getto non corretto. Nel caso b) si ha la separazione degli aggregati dalla malta cementizia. La barriera comporta soltanto il cambiamento di direzione della segregazione

3.8.5.6 Getto del calcestruzzo autocompattante

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

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

3.8.5.7 Getti in climi freddi

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

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

Prima del getto si deve verificare che tutte le superfici a contatto con il calcestruzzo siano a temperatura > + 5 °C. La neve e il ghiaccio, se presenti, devono essere rimossi immediatamente prima del getto dalle casseforme, dalle armature e dal fondo. I getti all'esterno devono essere sospesi se la temperatura dell'aria è ≤ 0 °C. Tale limitazione non si applica nel caso di getti in ambiente protetto o qualora siano predisposti opportuni accorgimenti approvati dalla direzione dei lavori (per esempio, riscaldamento dei costituenti del calcestruzzo, riscaldamento dell'ambiente, ecc.). Il calcestruzzo deve essere protetto dagli effetti del clima freddo durante tutte le fasi di preparazione, movimentazione, messa in opera, maturazione.

L'appaltatore deve eventualmente coibentare la cassaforma fino al raggiungimento della resistenza prescritta. In fase di stagionatura, si consiglia di ricorrere all'uso di agenti antievaporanti nel caso di superfici piane, o alla copertura negli altri casi, e di evitare ogni apporto d'acqua sulla superficie.

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

Nel caso in cui le condizioni climatiche portino al congelamento dell'acqua prima che il calcestruzzo abbia raggiunto una sufficiente resistenza alla compressione (5 N/mm²), il conglomerato può danneggiarsi in modo irreversibile.

Il valore limite (5 N/mm²) corrisponde ad un grado d'idratazione sufficiente a ridurre il contenuto in acqua libera e a formare un volume d'idrati in grado di ridurre gli effetti negativi dovuti al gelo.

Durante le stagioni intermedie e/o in condizioni climatiche particolari (alta montagna) nel corso delle quali c'è comunque possibilità di gelo, tutte le superfici del calcestruzzo vanno protette, dopo la messa in opera, per almeno 24 ore. La protezione nei riguardi del gelo durante le prime 24 ore non impedisce comunque un ritardo, anche sensibile, nell'acquisizione delle resistenze nel tempo.

Nella tabella 28.2 sono riportate le temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche ed alle dimensioni del getto.

Tabella Temperature consigliate per il calcestruzzo in relazione alle condizioni climatiche e alle dimensioni del getto

Dimensione minima della sezione (mm ²)			
< 300	300 ÷ 900	900 ÷ 1800	> 1800
Temperatura minima del calcestruzzo al momento della messa in opera			
13 °C	10 °C	7 °C	5 °C
Massima velocità di raffreddamento per le superfici del calcestruzzo al termine del periodo di protezione			
1,15 °C/h	0,90 °C/h	0,70 °C/h	0,45 °C/h

Durante il periodo freddo la temperatura del calcestruzzo fresco messo in opera nelle casseforme non dovrebbe essere inferiore ai valori riportati nel prospetto precedente. In relazione alla temperatura ambiente e ai tempi di attesa e di trasporto, si deve prevedere un raffreddamento di 2-5 °C tra il termine della miscelazione e la messa in opera. Durante il periodo freddo è rilevante l'effetto protettivo delle casseforme. Quelle metalliche, per esempio, offrono una protezione efficace solo se sono opportunamente coibentate.

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

3.8.5.8 Getti in climi caldi

Il clima caldo influenza la qualità sia del calcestruzzo fresco che di quello indurito. Infatti, provoca una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto e una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata. Le condizioni che caratterizzano il clima caldo sono:

- temperatura ambiente elevata;
- bassa umidità relativa;
- forte ventilazione (non necessariamente nella sola stagione calda);
- forte irraggiamento solare;
- temperatura elevata del calcestruzzo.

I potenziali problemi per il calcestruzzo fresco riguardano:

2.6 aumento del fabbisogno d'acqua;

2.7 veloce perdita di lavorabilità e conseguente tendenza a rapprendere nel corso della messa in opera;

2.8 riduzione del tempo di presa con connessi problemi di messa in opera, di compattazione, di finitura e rischio di formazione di giunti freddi;

2.9 tendenza alla formazione di fessure per ritiro plastico;

2.10 difficoltà nel controllo dell'aria inglobata.

I potenziali problemi per il calcestruzzo indurito riguardano:

- riduzione della resistenza a 28 giorni e penalizzazione nello sviluppo delle resistenze a scadenze più lunghe, sia per la maggior richiesta di acqua sia per effetto del prematuro indurimento del calcestruzzo;

- maggior ritiro per perdita di acqua;
- probabili fessure per effetto dei gradienti termici (picco di temperatura interno e gradiente termico verso l'esterno);
- ridotta durabilità per effetto della diffusa micro-fessurazione;
- forte variabilità nella qualità della superficie dovuta alle differenti velocità di idratazione;
- maggior permeabilità.

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non deve superare 35 °C; tale limite dovrà essere convenientemente ridotto nel caso di getti di grandi dimensioni. Esistono diversi metodi per raffreddare il calcestruzzo; il più semplice consiste nell'utilizzo d'acqua molto fredda o di ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua d'impasto. Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo, si possono aggiungere additivi ritardanti o fluidificanti ritardanti di presa, preventivamente autorizzati dalla direzione dei lavori.

I getti di calcestruzzo in climi caldi devono essere eseguiti di mattina, di sera o di notte, ovvero quando la temperatura risulta più bassa.

I calcestruzzi da impiegare nei climi caldi dovranno essere confezionati preferibilmente con cementi a basso calore di idratazione oppure aggiungendo all'impasto additivi ritardanti.

Il getto successivamente deve essere trattato con acqua nebulizzata e con barriere frangivento per ridurre l'evaporazione dell'acqua di impasto.

Nei casi estremi il calcestruzzo potrà essere confezionato raffreddando i componenti, per esempio tenendo all'ombra gli inerti e aggiungendo ghiaccio all'acqua. In tal caso, prima dell'esecuzione del getto entro le casseforme, la direzione dei lavori dovrà accertarsi che il ghiaccio risulti completamente disciolto.

3.8.5.9 Riprese di getto. Riprese di getto su calcestruzzo fresco e su calcestruzzo indurito

Le interruzioni del getto devono essere autorizzate dalla direzione dei lavori. Per quanto possibile, i getti devono essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare le riprese e conseguire la necessaria continuità strutturale. Per ottenere ciò, è opportuno ridurre al minimo il tempo di ricopertura tra gli strati successivi, in modo che mediante vibrazione si ottenga la monoliticità del calcestruzzo.

Qualora siano inevitabili le riprese di getto, è necessario che la superficie del getto su cui si prevede la ripresa sia lasciata quanto più possibile corrugata. Alternativamente, la superficie deve essere scalfita e pulita dai detriti, in modo da migliorare l'adesione con il getto successivo.

L'adesione può essere migliorata con specifici adesivi per ripresa di getto (resine) o con tecniche diverse che prevedono l'utilizzo di additivi ritardanti o ritardanti superficiali da aggiungere al calcestruzzo o da applicare sulla superficie.

In sintesi:

- le riprese del getto su calcestruzzo fresco possono essere eseguite mediante l'impiego di additivi ritardanti nel dosaggio necessario in relazione alla composizione del calcestruzzo;
- le riprese dei getti su calcestruzzo indurito devono prevedere superfici di ripresa del getto precedente molto rugose, che devono essere accuratamente pulite e superficialmente trattate per assicurare la massima adesione tra i due getti di calcestruzzo.

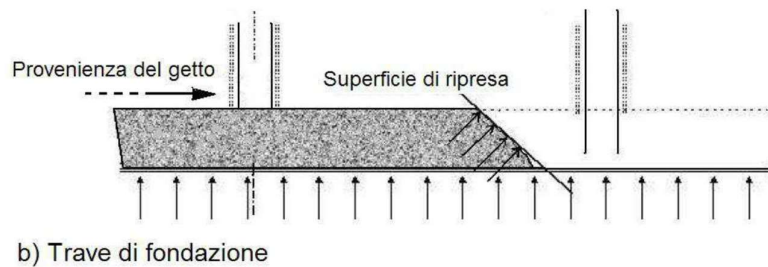
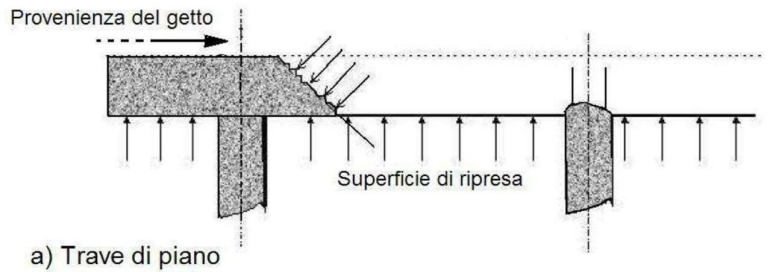
La superficie di ripresa del getto di calcestruzzo può essere ottenuta con:

- scarificazione della superficie del calcestruzzo già gettato;
- spruzzando sulla superficie del getto una dose di additivo ritardante la presa;
- collegando i due getti con malta di collegamento a ritiro compensato.

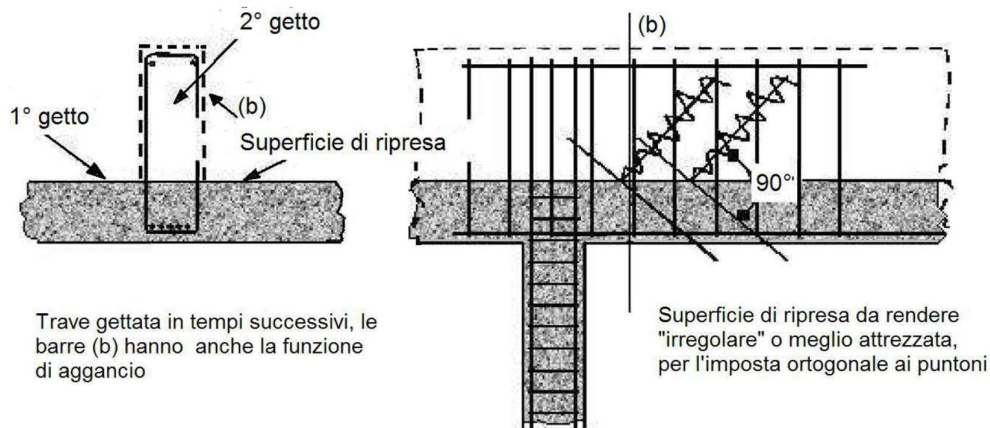
Quando sono presenti armature metalliche (barre) attraversanti le superfici di ripresa, occorre fare sì che tali barre, in grado per la loro natura di resistere al taglio, possano funzionare più efficacemente come elementi tesi in tralicci resistenti agli scorrimenti, essendo gli elementi compressi costituiti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

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

Nel caso di ripresa di getti di calcestruzzo a vista devono eseguirsi le ulteriori disposizioni del direttore dei lavori.



Modalità di ripresa del getto in travi di piano e di fondazione



3.8.5.10 Modalità di ripresa del getto su travi di spessore elevato

3.8.5.10.1 Compattazione del calcestruzzo

Quando il calcestruzzo fresco è versato nella cassaforma, contiene molti vuoti e tasche d'aria racchiusi tra gli aggregati grossolani rivestiti parzialmente da malta. Il volume di tale aria, che si aggira tra il 5 e il 20%, dipende dalla consistenza del calcestruzzo, dalla dimensione della cassaforma, dalla distribuzione e dall'addensamento delle barre d'armatura e dal modo con cui il calcestruzzo è stato versato nella cassaforma.

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

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

La lavorabilità di un calcestruzzo formulato originariamente con poca acqua non può essere migliorata aggiungendo acqua. Tale aggiunta penalizza la resistenza e dà luogo alla formazione di una miscela instabile che tende a segregare durante la messa in opera. Quando necessario possono essere utilizzati degli additivi fluidificanti o talvolta superfluidificanti.

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

La compattazione del calcestruzzo deve evitare la formazione di vuoti, soprattutto nelle zone di copriferro.

3.8.5.10.2 Compattazione mediante vibrazione

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

I vibratorii interni, detti anche *a immersione* o *ad ago*, sono i più usati nei cantieri. Essi sono costituiti da una sonda o ago, contenente un albero eccentrico azionato da un motore tramite una trasmissione flessibile. Il loro raggio d'azione, in relazione al diametro, varia tra 0,2 e 0,6 m, mentre la frequenza di vibrazione, quando il vibratore è immerso nel calcestruzzo, è compresa tra 90 e 250 Hz.

L'uso dei vibratorii non deve essere prolungato, per non provocare la separazione dei componenti il calcestruzzo per effetto della differenza del peso specifico e il rifluimento verso l'alto dell'acqua di impasto con conseguente trasporto di cemento.

Per effettuare la compattazione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente e spostato da punto a punto nel calcestruzzo, con tempi di permanenza che vanno dai 5 ai 30 secondi.

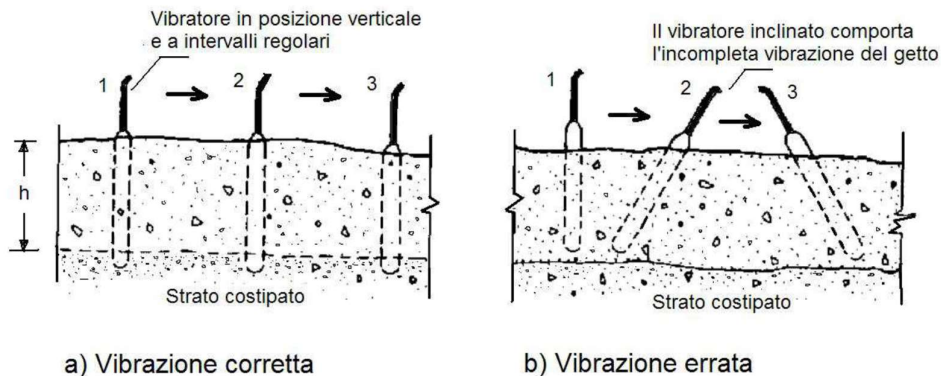
L'effettivo completamento della compattazione può essere valutato dall'aspetto della superficie, che non deve essere né porosa né eccessivamente ricca di malta. L'estrazione dell'ago deve essere graduale ed effettuata in modo da permettere la chiusura dei fori da esso lasciati.

L'ago deve essere introdotto per l'intero spessore del getto fresco e per 5-10 cm in quello sottostante, se questo è ancora lavorabile. In tal modo, si ottiene un adeguato legame tra gli strati e si impedisce la formazione di un giunto freddo tra due strati di getti sovrapposti. I cumuli che inevitabilmente si formano quando il calcestruzzo è versato nei casseri devono essere livellati inserendo il vibratore entro la loro sommità. Per evitare la segregazione, il calcestruzzo non deve essere spostato lateralmente con i vibratorii mantenuti in posizione orizzontale, operazione che comporterebbe un forte affioramento di pasta cementizia con contestuale sedimentazione degli aggregati grossi. La vibrazione ottenuta affiancando il vibratore alle barre d'armatura è tollerata solo se l'addensamento tra le barre impedisce l'ingresso del vibratore e a condizione che non ci siano sottostanti strati di calcestruzzo in fase d'indurimento.

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

I vibratorii esterni sono utilizzati generalmente negli impianti di prefabbricazione ma possono comunque essere utilizzati anche nei cantieri quando la struttura è complessa o l'addensamento delle barre d'armatura limita o impedisce l'inserimento di un vibratore a immersione.

I vibratorii superficiali applicano la vibrazione tramite una sezione piana appoggiata alla superficie del getto: in questo modo il calcestruzzo è sollecitato in tutte le direzioni e la tendenza a segregare è minima. Un martello elettrico può essere usato come vibratore superficiale se combinato con una piastra d'idonea sezione. Per consolidare sezioni sottili è utile l'impiego di rulli vibranti.



Esecuzione del getto e modalità di costipazione mediante vibrazione interna

3.8.5.10.3 Stagionatura

Prescrizioni per una corretta stagionatura

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

- prima della messa in opera:
 - saturare a rifiuto il sottofondo e le casseforme di legno, oppure isolare il sottofondo con fogli di plastica e impermeabilizzare le casseforme con disarmante;
 - la temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera deve essere $\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$, raffreddando, se necessario, gli aggregati e l'acqua di miscela.
- durante la messa in opera:
 - erigere temporanee barriere frangivento per ridurre la velocità sulla superficie del calcestruzzo;
 - erigere protezioni temporanee contro l'irraggiamento diretto del sole;
 - proteggere il calcestruzzo con coperture temporanee, quali fogli di polietilene, nell'intervallo fra la messa in opera e la finitura;
 - ridurre il tempo fra la messa in opera e l'inizio della stagionatura protetta.
- dopo la messa in opera:
 - minimizzare l'evaporazione proteggendo il calcestruzzo immediatamente dopo la finitura con membrane impermeabili, umidificazione a nebbia o copertura;
 - la massima temperatura ammissibile all'interno delle sezioni è di $70\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - la differenza massima di temperatura fra l'interno e l'esterno è di $20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - la massima differenza di temperatura fra il calcestruzzo messo in opera e le parti già indurite o altri elementi della struttura è di $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

È compito della direzione dei lavori specificare le modalità di ispezione e di controllo.

3.8.5.10.4 Protezione in generale

La protezione consiste nell'impedire, durante la fase iniziale del processo di indurimento:

- l'essiccazione della superficie del calcestruzzo, perché l'acqua è necessaria per l'idratazione del cemento e, nel caso in cui si impieghino cementi di miscela, per il progredire delle reazioni pozzolaniche; inoltre serve a impedire che gli strati superficiali del manufatto indurito risultino porosi. L'essiccazione prematura rende il copriferro permeabile e quindi scarsamente resistente alla penetrazione delle sostanze aggressive presenti nell'ambiente di esposizione;
- il congelamento dell'acqua d'impasto prima che il calcestruzzo abbia raggiunto un grado adeguato di indurimento;
- che i movimenti differenziali, dovuti a differenze di temperatura attraverso la sezione del manufatto, siano di entità tale da generare fessure.

I metodi di stagionatura proposti dall'appaltatore dovranno essere preventivamente sottoposti all'esame del direttore dei lavori, che potrà richiedere le opportune verifiche sperimentali.

Durante il periodo di stagionatura protetta, si dovrà evitare che i getti di calcestruzzo subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali nella sezione trasversale delle strutture, da misurare con serie di termocoppie, non provochino fessure o cavillature tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito. Tali variazioni termiche potranno essere verificate direttamente nella struttura mediante serie di termocoppie predisposte all'interno del cassero nella posizione indicata dal progettista.

L'appaltatore dovrà evitare congelamenti superficiali o totali di strutture in cemento armato sottili oppure innalzamenti di temperatura troppo elevati con conseguente abbattimento delle proprietà del calcestruzzo indurito nel caso di strutture massive.

3.8.5.10.5 Protezione termica durante la stagionatura

A titolo esemplificativo di seguito si indicano i più comuni sistemi di protezione termica per le strutture in calcestruzzo adottabili nei getti di cantiere, ovvero:

- cassaforma isolante;
- sabbia e foglio di polietilene;
- immersione in leggero strato d'acqua;
- coibentazione con teli flessibili.

3.8.5.10.6 Cassaforma isolante

Il $\Delta t \leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ può essere rispettato se si usa una cassaforma isolante, ad esempio legno compensato con spessore $\geq 2\text{ cm}$ o se il getto si trova contro terra.

3.8.5.10.7 Sabbia e foglio di polietilene

La parte superiore del getto si può proteggere con un foglio di polietilene coperto con 7-8 cm di sabbia. Il foglio di polietilene ha anche la funzione di mantenere la superficie pulita e satura l'umidità.

3.8.5.10.8 Immersione in leggero strato d'acqua

La corretta stagionatura è assicurata mantenendo costantemente umida la struttura messa in opera. Nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, si suggerisce di creare un cordolo perimetrale che permette di mantenere la superficie costantemente ricoperta da alcuni centimetri d'acqua.

Occorre porre attenzione, in condizioni di forte ventilazione, alla rapida escursione della temperatura sulla superficie per effetto dell'evaporazione.

3.8.5.10.9 Coibentazione con teli flessibili

Sono ideali nelle condizioni invernali, in quanto permettono di trattenere il calore nel getto, evitando la dispersione naturale. Si deve tener conto tuttavia che nella movimentazione le coperte possono essere facilmente danneggiate.

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

Durata della stagionatura

Con il termine *durata di stagionatura* si intende il periodo che intercorre tra la messa in opera e il tempo in cui il calcestruzzo ha raggiunto le caratteristiche essenziali desiderate. Per l'intera durata della stagionatura, il calcestruzzo necessita d'attenzioni e cure affinché la sua maturazione possa avvenire in maniera corretta. La durata di stagionatura deve essere prescritta in relazione alle proprietà richieste per la superficie del calcestruzzo (resistenza meccanica e compattezza) e per la classe d'esposizione. Se la classe di esposizione prevista è limitata alle classi X0 e XC1, il tempo minimo di protezione non deve essere inferiore a 12 ore, a condizione che il tempo di presa sia inferiore a cinque ore, e che la temperatura della superficie del calcestruzzo sia superiore a 5 °C. Se il calcestruzzo è esposto a classi d'esposizione diverse da X0 o XC1, la durata di stagionatura

deve essere estesa fino a quando il calcestruzzo ha raggiunto, sulla sua superficie, almeno il 50% della resistenza media, o il 70% della resistenza caratteristica, previste dal progetto.

Nella tabella 28.3 è riportata, in funzione dello sviluppo della resistenza e della temperatura del calcestruzzo, la durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse da X0 e XC1.

Tabella Durata di stagionatura minima per calcestruzzi esposti a classi d'esposizione diverse (da X0 a XC1)

Temperatura t della superficie del calcestruzzo (°C)	Durata minima della stagionatura (giorni)			
	Sviluppo della resistenza in base al rapporto $r = (f_{cm2}/f_{cm28})^1$			
	Rapido $r \geq 0,50$	Medio $0,50 < r \leq 0,30$	Lento $0,30 < r \leq 0,15$	Molto lento $r < 0,15$
$t \geq 25$	1,0	1,5	2,0	3
$25 > t \geq 15$	1,0	2,0	3,0	5
$15 > t \geq 10$	2,0	4,0	7,0	10
$10 > t \geq 5$	3,0	6,0	10	15

¹ La velocità di sviluppo della resistenza r è calcolata in base al rapporto sperimentale della resistenza meccanica f_{cm} alla compressione determinata alla scadenza di 2 e 28 giorni. Al tempo di maturazione specificato deve essere aggiunto l'eventuale tempo di presa eccedente le cinque ore. Il tempo durante il quale il calcestruzzo rimane a temperatura < 5 °C non deve essere computato come tempo di maturazione.

L'indicazione circa la durata di stagionatura, necessaria a ottenere la durabilità e impermeabilità dello strato superficiale, non deve essere confusa con il tempo necessario al raggiungimento della resistenza prescritta per la rimozione delle casseforme e i conseguenti aspetti di sicurezza strutturale. Per limitare la perdita d'acqua per evaporazione si adottano i seguenti metodi:

2.7 mantenere il getto nelle casseforme per un tempo adeguato (3-7 giorni);

2.8 coprire la superficie del calcestruzzo con fogli di plastica, a tenuta di vapore, assicurati ai bordi e nei punti di giunzione;

2.9 mettere in opera coperture umide sulla superficie in grado di proteggere dall'essiccazione;

- mantenere umida la superficie del calcestruzzo con l'apporto di acqua;

- applicare prodotti specifici (filmogeni antievaporanti) per la protezione delle superfici.

I prodotti filmogeni di protezione curing non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate con altri materiali, a meno che il prodotto non venga completamente rimosso prima delle operazioni o che si sia verificato che non ci siano effetti negativi nei riguardi dei trattamenti successivi, salvo specifica deroga da parte della direzione dei lavori. Per eliminare il film dello strato protettivo dalla superficie del calcestruzzo, si può utilizzare la sabbiatura o l'idropulitura con acqua in pressione.

La colorazione del prodotto di curing serve a rendere visibili le superfici trattate. Si devono evitare, nel corso della stagionatura, i ristagni d'acqua sulle superfici che rimarranno a vista.

Nel caso in cui siano richieste particolari caratteristiche per la superficie del calcestruzzo, quali la resistenza all'abrasione o durabilità, è opportuno aumentare il tempo di protezione e maturazione.

3.8.5.11 Norme di riferimento per i prodotti filmogeni

UNI EN 206-1 - Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità;

UNI 8656 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Classificazione e requisiti;

UNI 8657 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione della ritenzione d'acqua;

UNI 8658 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del tempo di essiccamento;

UNI 8659 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione del fattore di riflessione dei prodotti filmogeni pigmentati di bianco;

UNI 8660 - Prodotti filmogeni per la protezione del calcestruzzo durante la maturazione. Determinazione dell'influenza esercitata dai prodotti filmogeni sulla resistenza all'abrasione del calcestruzzo.

3.8.6 Controllo della fessurazione superficiale

Per le strutture in cemento armato in cui non sono ammesse fessurazioni dovranno essere predisposti i necessari accorgimenti previsti dal progetto esecutivo o impartite dalla direzione dei lavori.

Le fessurazioni superficiali dovute al calore che si genera nel calcestruzzo devono essere controllate mantenendo la differenza di temperatura tra il centro e la superficie del getto intorno ai 20 °C.

3.8.7 Maturazione accelerata con getti di vapore saturo

In cantiere la maturazione accelerata a vapore del calcestruzzo gettato può ottenersi con vapore alla temperatura di 55-80 °C alla pressione atmosferica. La temperatura massima raggiunta dal calcestruzzo non deve superare i 60 °C e il successivo raffreddamento deve avvenire con gradienti non superiori a 10 °C/h.

A titolo orientativo potranno essere eseguite le raccomandazioni del documento ACI 517.2R-80 (*Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressure*).

3.8.8 Casseforme e puntelli per le strutture in calcestruzzo semplice e armato

3.8.8.1 Caratteristiche delle casseforme

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

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

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

Per rispettare le quote e le tolleranze geometriche progettuali, le casseforme devono essere praticamente indeformabili quando, nel corso della messa in opera, sono assoggettate alla pressione del calcestruzzo e alla vibrazione. È opportuno che eventuali prescrizioni relative al grado di finitura della superficie a vista siano riportate nelle specifiche progettuali.

92

La superficie interna delle casseforme rappresenta il negativo dell'opera da realizzare; tutti i suoi pregi e difetti si ritrovano sulla superficie del getto.

Generalmente, una cassaforma è ottenuta mediante l'accostamento di pannelli. Se tale operazione non è eseguita correttamente e/o non sono predisposti i giunti a tenuta, la fase liquida del calcestruzzo, o boiaccia, fuoriesce provocando difetti estetici sulla superficie del getto, eterogeneità nella tessitura e nella colorazione nonché nidi di ghiaia.

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

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

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

I prodotti disarmanti sono applicati ai manti delle casseforme per agevolare il distacco del calcestruzzo, ma svolgono anche altre funzioni, quali la protezione della superficie delle casseforme metalliche dall'ossidazione e della corrosione, l'impermeabilizzazione dei pannelli di legno e il miglioramento della qualità della superficie del calcestruzzo. La scelta del prodotto e la sua corretta applicazione influenzano la qualità delle superfici del calcestruzzo, in particolare l'omogeneità di colore e l'assenza di bolle.

Le casseforme assorbenti, costituite da tavole o pannelli di legno non trattato o altri materiali assorbenti, calcestruzzo compreso prima della messa in opera del calcestruzzo richiedono la saturazione con acqua. Si deve aver cura di eliminare ogni significativa traccia di ruggine nelle casseforme metalliche.

Nel caso in cui i ferri d'armatura non siano vincolati alle casseforme, per rispettare le tolleranze dello spessore del copriferro si dovranno predisporre opportune guide o riscontri che contrastano l'effetto della pressione esercitata dal calcestruzzo.

Nella tabella 28.4 sono indicati i principali difetti delle casseforme, le conseguenze e le possibili precauzioni per evitare o almeno contenere i difetti stessi.

Tabella Difetti delle casseforme, conseguenze e precauzioni

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

3.8.8.2 Casseforme speciali

Le casseforme speciali più frequentemente utilizzate sono quelle rampanti e quelle scorrevoli orizzontali e verticali.

Le casseforme rampanti si sorreggono sul calcestruzzo indurito dei getti sottostanti precedentemente messi in opera. Il loro fissaggio è realizzato mediante bulloni o barre inserite nel calcestruzzo. L'avanzamento nei getti è vincolato al raggiungimento da parte del calcestruzzo di una resistenza sufficiente a sostenere il carico delle armature, del calcestruzzo del successivo getto, degli uomini e delle attrezzature.

Questa tecnica è finalizzata alla realizzazione di strutture di notevole altezza, quali pile di ponte, ciminiera, pareti di sbarramento (dighe), strutture industriali a sviluppo verticale.

La tecnica delle casseforme scorrevoli consente di mettere in opera il calcestruzzo in modo continuo. La velocità di avanzamento della cassaforma è regolata in modo che il calcestruzzo formato sia sufficientemente rigido da mantenere la propria forma, sostenere il proprio peso e le eventuali sollecitazioni indotte dalle attrezzature e, nel caso di casseforme scorrevoli verticali, anche il calcestruzzo del getto successivo.

Le casseforme scorrevoli orizzontali scivolano conferendo al calcestruzzo la sezione voluta, avanzano su rotaie e la direzione e l'allineamento sono mantenuti facendo riferimento a un filo di guida. Sono utilizzate, ad esempio, per rivestimenti di gallerie, condotte d'acqua, rivestimenti di canali, pavimentazioni stradali, barriere spartitraffico.

Le casseforme scorrevoli verticali invece sono utilizzate per realizzare strutture, quali sili, edifici a torre, ciminiera.

L'utilizzo delle casseforme scorrevoli comporta dei vincoli per le proprietà del calcestruzzo fresco. Nel caso delle casseforme scorrevoli orizzontali, è richiesta una consistenza quasi asciutta (S1-S2). Il calcestruzzo deve rendersi plastico sotto l'effetto dei vibratori, ma al rilascio dello stampo deve essere sufficientemente rigido per autosostenersi. Con le casseforme scorrevoli verticali invece il

tempo d'indurimento e la scorrevolezza del calcestruzzo sono parametri vincolanti e devono essere costantemente controllati.

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

3.8.8.3 Casseforme in legno

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 devono essere a perfetto contatto per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Tabella 28.5. Legname per carpenteria

Tavolame	Tavole (o sottomisure)	Spessore 2,5 cm Larghezza 8-16 cm Lunghezza 4 m
	Tavoloni (da ponteggio)	Spessore 5 cm Larghezza 30-40 cm Lunghezza 4 m
Legname segato	Travi (sostacchine)	Sezione quadrata da 12 x 12 a 20 x 20 cm lunghezza 4 m
Legname tondo	Antenne, candele	Diametro min 12 cm Lunghezza > 10-12 cm
	Pali, ritti	Diametro 10-12 cm Lunghezza > 6-12 cm
Residui di lavorazioni precedenti	Da tavole (mascelle) Da travi (mozzature)	Lunghezza > 20 cm

3.8.9 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.

3.8.10 Legature delle casseforme e distanziatori delle armature

Gli inserti destinati a mantenere le armature in posizione, quali distanziali, tiranti, barre o altri elementi incorporati o annegati nella sezione come placche e perni di ancoraggio, devono:

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

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

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 nell'esatta posizione prevista usando fili metallici liberi di scorrere entro tubi di PVC o simile, questi ultimi destinati a rimanere incorporati nel getto di calcestruzzo. Dove ciò non fosse possibile, previa informazione alla direzione dei lavori, potranno essere adottati altri sistemi, prescrivendo le cautele da adottare.

È vietato l'uso di distanziatori di legno o metallici; sono invece 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.

3.8.11 Strutture di supporto

Le strutture di supporto devono prendere in considerazione l'effetto combinato:

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

Alle casseforme non devono essere connessi carichi e/o azioni dinamiche dovute a fattori esterni quali, ad esempio, le tubazioni delle pompe per calcestruzzo. La deformazione totale delle casseforme e la somma di quelle relative ai pannelli e alle strutture di supporto non deve superare le tolleranze geometriche previste per il getto.

Per evitare la deformazione del calcestruzzo non ancora completamente indurito e le possibili fessurazioni, le strutture di supporto devono prevedere l'effetto della spinta verticale e orizzontale del calcestruzzo durante la messa in opera e, nel caso in cui la struttura di supporto poggi anche parzialmente al suolo, occorrerà assumere i provvedimenti necessari per compensare gli eventuali assestamenti.

Nel caso del calcestruzzo autocompattante (SCC) non è prudente tener conto della riduzione di pressione laterale, che deve essere considerata di tipo idrostatico agente su tutta l'altezza di getto, computata a partire dalla quota d'inizio o di ripresa di getto. Per evitare la marcatura delle riprese di getto, compatibilmente con la capacità delle casseforme a resistere alla spinta idrostatica esercitata dal materiale fluido, il calcestruzzo autocompattante deve essere messo in opera in modo continuo, programmando le riprese di getto lungo le linee di demarcazione architettoniche (modanature, segna-piano, ecc.).

3.8.12 Giunti tra gli elementi di cassaforma

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.

3.8.13 Predisposizione di fori, tracce, cavità

L'appaltatore avrà l'obbligo di predisporre in corso di esecuzione quanto è previsto nei disegni progettuali esecutivi, per ciò che concerne fori, tracce, cavità, incassature, ecc., 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 interruttive, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti, ecc.

3.8.14 Linee generali per il disarmo delle strutture in cemento armato

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

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

Durante il disarmo è necessario evitare che la struttura subisca colpi, sovraccarichi e deterioramenti. I carichi sopportati da ogni centina devono essere rilasciati gradatamente, in modo tale che gli elementi di supporto contigui non siano sottoposti a sollecitazioni brusche ed eccessive.

La stabilità degli elementi di supporto e delle casseforme deve essere assicurata e mantenuta durante l'annullamento delle reazioni in gioco e lo smontaggio.

Il disarmo deve avvenire gradatamente adottando i provvedimenti necessari a evitare brusche sollecitazioni e azioni dinamiche. Infatti, l'eliminazione di un supporto dà luogo, nel punto di applicazione, a una repentina forza uguale e contraria a quella esercitata dal supporto (per carichi verticali, si tratta di forze orientate verso il basso, che danno luogo a impropri aumenti di sollecitazione delle strutture). Il disarmo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive.

Si può procedere alla rimozione delle casseforme dai getti solo quando è stata raggiunta la resistenza indicata dal progettista e comunque non prima dei tempi prescritti nei decreti attuativi della legge n. 1086/1971. In ogni caso, il disarmo deve essere autorizzato e concordato con la direzione dei lavori.

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

Le operazioni di disarmo delle strutture devono essere eseguite da personale specializzato dopo l'autorizzazione del direttore dei lavori. Si dovrà tenere conto e prestare attenzione che sulle strutture da disarmare non vi siano carichi accidentali e temporanei e verificare i tempi di maturazione dei getti in calcestruzzo.

È vietato disarmare le armature di sostegno se sulle strutture insistono carichi accidentali e temporanei.

Tabella Tempi minimi per del disarmo delle strutture in cemento armato dalla data del getto

Struttura	Calcestruzzo normale (giorni)	Calcestruzzo ad alta resistenza (giorni)
Sponde dei casseri di travi e pilastri	3	2
Solette di luce modesta	10	4
Puntelli e centine di travi, archi e volte	24	12
Strutture a sbalzo	28	14

3.8.15 Disarmanti

L'impiego di disarmanti per facilitare il distacco delle casseforme non deve pregiudicare l'aspetto della superficie del calcestruzzo e la permeabilità né influenzarne la presa o causare la formazione di bolle e macchie.

La direzione dei lavori potrà autorizzare l'uso di disarmanti sulla base di prove sperimentali per valutarne gli effetti finali. In generale, le quantità di disarmante non devono superare i dosaggi indicati dal produttore. La stessa cosa vale per l'applicazione del prodotto.

3.8.16 Norme di riferimento

UNI 8866-1 - *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Definizione e classificazione;*

UNI 8866-2 - *Prodotti disarmanti per calcestruzzi. Prova dell'effetto disarmante, alle temperature di 20 e 80 °C, su superficie di acciaio o di legno trattato.*

3.8.17 Ripristini e stuccature

Nessun ripristino o stuccatura potrà essere eseguito dall'appaltatore dopo il disarmo delle strutture in calcestruzzo senza il preventivo controllo del direttore dei lavori.

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 1 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti dovranno essere accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione.

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

A seguito di tali interventi, la direzione dei lavori potrà richiedere, per motivi estetici, la ripulitura o la verniciatura delle superfici del getto con idonei prodotti.

3.8.18 Caricamento delle strutture disarmate

Il caricamento delle strutture in cemento armato disarmate deve essere autorizzato dalla direzione dei lavori che deve valutarne l'idoneità statica o in relazione alla maturazione del calcestruzzo e ai carichi sopportabili.

La direzione dei lavori potrà procedere alla misura delle deformazioni delle strutture dopo il disarmo, considerando l'azione del solo peso proprio.

3.8.19 Prescrizioni specifiche per il calcestruzzo a faccia vista

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 invece dovrà provenire dalla stessa cava e 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 altri elementi 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 e il sostegno dei casseri dovranno essere rimossi dopo la scasseratura.

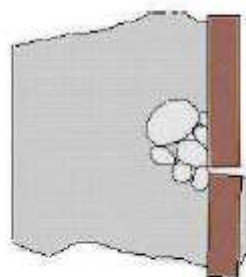
3.8.20 Difetti superficiali delle strutture, cause e rimedi

I difetti superficiali del calcestruzzo influenzano non solo le sue caratteristiche estetiche, ma anche quelle di durabilità.

I più frequenti difetti superficiali sono riportati nelle tabelle 28.7-58.16, con le indicazioni relative alle cause e ai rimedi che devono essere adottati.

Tabella Nidi di ghiaia (presenza di aggregato grosso non ricoperto da malta cementizia)

Cause		Rimedi
Progettuali	Sezione con forte congestione dei ferri di armatura e mancanza di spazio per l'introduzione dei vibratori	Adeguare la disposizione delle armature
Casseforme	Giunti non a tenuta, che permettono la fuoriuscita di acqua, boiaccia o malta	Adeguare le casseforme
Proprietà del calcestruzzo fresco	Carenza di fini, scarsa lavorabilità o eccesso d'acqua, indurimento anticipato, diametro massimo degli aggregati in relazione alle dimensioni del getto	Correggere la miscela
Messa in opera	Calcestruzzo lasciato cadere da un'altezza eccessiva, carico eccessivo di calcestruzzo nelle casseforme, tramogge di carico inesistenti o inefficaci, spostamento orizzontale del calcestruzzo	Correggere la messa in opera
Compattazione	Vibratori sottodimensionati per potenza, frequenza o ampiezza, tempo di vibrazione troppo breve o eccessivo, distanza eccessiva tra i punti di vibrazione, numero di vibratori insufficiente	Correggere l'uso dei vibratori



Nidi di ghiaia

Tabella Vuoti sulla superficie del getto contro cassaforma: cavità singole sulla superficie di forma irregolare e dimensione fino a 20 mm

Cause		Rimedi
Progettuali	Superfici di getto in contropendenza o con interferenze	-
Casseforme	Superfici delle casseforme impermeabili, poco bagnabili, troppo flessibili, e con agente disarmante inadeguato	Adeguare il disarmante
Condizioni operative	Agente disarmante applicato in misura eccessiva o non nebulizzato, temperatura del calcestruzzo troppo elevata	Correggere l'applicazione del disarmante
Proprietà del calcestruzzo fresco	Sabbia troppo ricca in fini, lavorabilità inadeguata, dosaggio eccessivo in cemento o materiale pozzolanico, contenuto d'aria troppo alto, calcestruzzo troppo viscoso	Correggere la miscela
Messa in opera	Messa in opera del calcestruzzo discontinua o troppo lenta, portata della pompa o delle tubazioni inadeguata	Assicurare la continuità del getto
Compattazione	Ampiezza di vibrazione eccessiva, vibratore mantenuto fermo e/o parzialmente immerso, vibrazione esterna inadeguata	Correggere il metodo di vibrazione

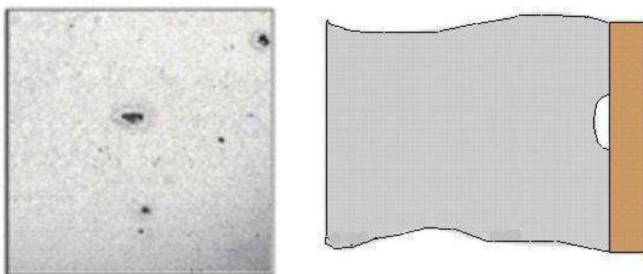
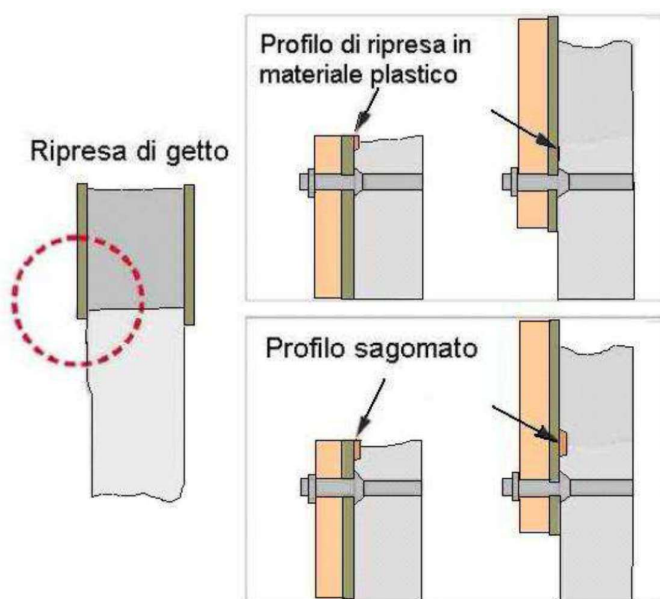


Tabella Superfici dei giunti con evidenza di aggregati fini o grossi carenti in cemento, generalmente delimitati da superfici scure

Cause		Rimedi
Casseforme	Mancanza di tenuta nei giunti delle casseforme o nei raccordi di fissaggio, con sigillatura inadeguata	Adeguare le casseforme
Condizioni operative	Spostamento laterale del calcestruzzo	Correggere il metodo di messa in opera
Proprietà del calcestruzzo fresco	Eccesso di acqua, calcestruzzo troppo fluido e/o carenti in pasta cementizia	Correggere l'applicazione del disarmante e adeguare la miscela
Messa in opera	Tempo di attesa eccessivo tra la posa del calcestruzzo e la compattazione	Assicurare la continuità del getto
Compattazione	Eccessiva ampiezza o frequenza della vibrazione in relazione alla dimensione delle casseforme	Correggere la vibrazione



Giunti delle casseforme in evidenza

Tabella Aggregati affioranti sulla superficie del calcestruzzo a vista (superfici chiazzate di chiaro o di scuro, presenza di macchie aventi dimensioni simili a quelle dell'aggregato)

Cause		Rimedi
Casseforme	Troppo flessibili	Adeguare le casseforme
Proprietà del calcestruzzo fresco	Aggregati carenti nel contenuto in fini, granulometria non corretta, aggregato leggero con calcestruzzo troppo fluido	Adeguare la miscela
Compattazione	Vibrazione esterna eccessiva, o vibrazione eccessiva di calcestruzzo leggero	Correggere il sistema di vibrazione

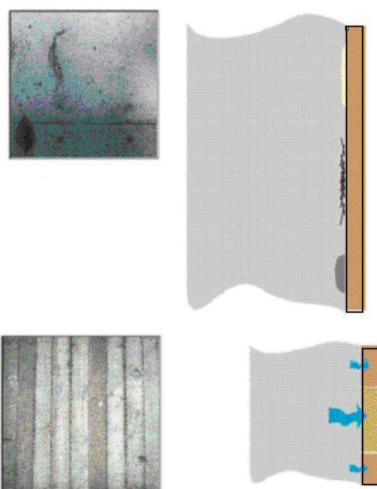
Tabella Fessure di assestamento (anche corte, di ampiezza variabile e disposte orizzontalmente)

Cause		Rimedi
Progettuali	Elementi sottili e complessi con difficoltà di accesso per il calcestruzzo e vibrator, spessore del copriferro inadeguato	Adeguare/verificare la geometria

Casseforme	Casseforme inadeguate e dalle superfici ruvide	Adeguare le casseforme
Condizioni operative	Discontinuità nelle operazioni di getto con tempi eccessivi durante la messa in opera del calcestruzzo (ad esempio, tra le colonne e i solai o le travi)	Assicurare la continuità del getto
Proprietà del calcestruzzo fresco	Composizione granulometrica inadeguata, calcestruzzo troppo fluido, cemento con presa troppo rapida	Verificare la miscela
Messa in opera	Discontinua	Assicurare la continuità del getto
Compattazione	Vibrazione ad immersione troppo prossima alle casseforme, vibrazione a cassaforma eccessiva	Adeguare la vibrazione

Tabella Variazioni di colore (variazioni di colore sulla superficie in evidenza poche ore dopo la rimozione delle casseforme)

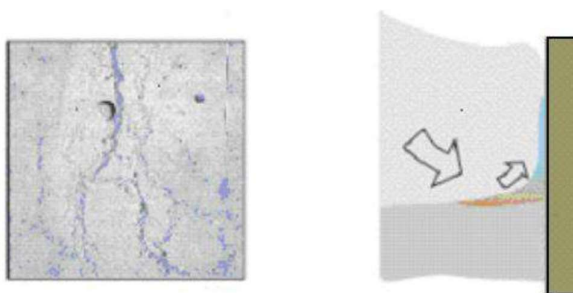
Cause		Rimedi
Progettuali	Ferri di armatura molto vicini alle casseforme	Adeguare il copriferro
Casseforme	Variazioni nelle proprietà di assorbimento superficiale, reazione fra il calcestruzzo e la superficie della cassaforma, reazione con l'agente disarmante, perdita di boiaccia in corrispondenza dei giunti	Correggere le casseforme
Proprietà del calcestruzzo fresco	Granulometria inadeguata degli aggregati, miscelazione non completa, calcestruzzo troppo scorrevole, vibrazione eccessiva	Adeguare la miscela
Messa in opera	Segregazione dei costituenti, consistenza troppo fluida	Aggiustare la consistenza
Compattazione	Vibrazione ad immersione troppo prossima alle casseforme, vibrazione a cassaforma eccessiva	Correggere la vibrazione



Variazioni di colore sulla superficie in evidenza poche ore dopo la rimozione delle casseforme

Tabella Striature di sabbia e acqua (variazioni di colore o di ombre dovute alla separazione di particelle fini)

Cause		Rimedi
Casseforme	Mancanza di tenuta delle casseforme, acqua in eccesso sul fondo della cassaforma risalente durante il getto	Adeguare le casseforme, drenare e asciugare l'acqua
Condizioni operative	Temperatura bassa, calcestruzzo con eccesso di acqua	Adottare una protezione per le casseforme
Proprietà del calcestruzzo fresco	Scarso o eccessivamente ricco di fini, miscela arida, con insufficiente contenuto di pasta	Adeguare la miscela
Messa in opera	Troppo veloce	Correggere la messa in opera
Compattazione	Vibrazione e/o ampiezza di vibrazione eccessive	Adeguare la vibrazione



Striature di sabbia e acqua

Tabella Delimitazione degli strati (zone di colore scuro tra gli strati nel calcestruzzo)

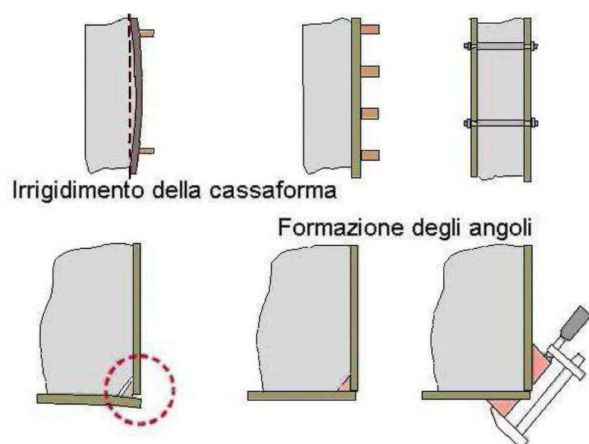
Cause		Rimedi
Casseforme	Troppo deformabili	Irrigidire le casseforme
Condizioni operative	Temperatura troppo elevata, mancanza di continuità nella posa del calcestruzzo e riprese di getto a freddo	Adeguare il mantenimento della lavorabilità
Proprietà del calcestruzzo fresco	Troppo bagnato con tendenza all'essudamento, presa rapida	Adeguare la miscela
Messa in opera	Troppo lenta, attrezzature o mano d'opera inadeguate	Correggere la messa in opera
Compattazione	Carenze nella vibrazione, difetto di penetrazione dei vibratori attraverso gli strati	Adeguare la vibrazione

Tabella Giunti freddi (vuoti, nidi di ghiaia, variazioni di colore ai bordi delle riprese, bordo superiore del calcestruzzo non connesso allo strato inferiore)

Cause		Rimedi
Progettuali	Spazio insufficiente per inserire il vibratore	Adeguare i sistemi di vibrazione
Condizioni operative	Mancanza di coordinamento fra la messa in opera e la compattazione o sistema di vibrazione inadeguato, messa in opera nel momento in cui lo strato inferiore del calcestruzzo ha già iniziato a indurire	Continuità della messa in opera e della vibrazione
Proprietà del calcestruzzo fresco	Elevata perdita di lavorabilità e indurimento troppo rapido	Migliorare la miscela
Messa in opera	Strati troppo profondi, tempi di attesa eccessivi nella messa in opera dei vari strati	Adeguare le procedure di esecuzione
Compattazione	Vibrazione insufficiente, impossibilità di conferire continuità al getto inserendo il vibratore negli strati contigui, mancato inserimento dei vibratori nello strato sottostante	Adeguare la vibrazione

Tabella Marcatura delle casseforme (irregolarità sulla superficie in corrispondenza delle giunzioni delle casseforme o come conseguenza di difetti delle casseforme)

Cause		Rimedi
Progettuali	Giunti di costruzione in corrispondenza di una variazione nella direzione delle casseforme	-
Casseforme	Inadeguate al tipo di getto (dimensioni del getto, pressione sulle casseforme) e di messa in opera, facilmente deformabili	Adeguare le casseforme
Condizioni operative	Sistema di ancoraggio delle casseforme inadeguato, eccessivo accumulo di calcestruzzo prima della sua distribuzione	Correggere il sistema di ancoraggio e le procedure di getto
Proprietà del calcestruzzo fresco	Eccessivo ritardo nell'indurimento del calcestruzzo	Migliorare la miscela
Messa in opera	Troppo lenta	Accelerare la messa in opera
Compattazione	Ampiezza di vibrazione eccessiva, disomogenea distribuzione dei punti di immersione dei vibratori	Adeguare la vibrazione



Marcatura delle casseforme

Tolleranze dimensionali

Pilastrì

NOTA PER LA COMPOSIZIONE: RET + Tab per ognuno

LUNGHEZZA ± 1 cm

DIMENSIONE ESTERNA $\pm 0,5$ cm

FUORI PIOMBO PER METRO DI ALTEZZA 1/500

INCAVO PER ALLOGGIAMENTO TRAVI $\pm 0,5$ cm

NOTA PER LA COMPOSIZIONE: fine RET + Tab

Travi

NOTA PER LA COMPOSIZIONE: RET + Tab per ognuno

LUNGHEZZA ± 2 cm

LARGHEZZA $\pm 0,5$ cm

ALTEZZA ± 1 cm

SVERGOLATURE PER METRO DI LUNGHEZZA 1/1000

NOTA PER LA COMPOSIZIONE: fine RET + Tab

3.9 Art. 29. Armature minime e limitazioni geom. delle sezioni degli elementi strutturali in c.a.

3.9.1 Dettagli costruttivi per le zone non sismiche

Le armature di elementi strutturali in cemento armato devono rispettare le dimensioni minime stabilite dal punto 4.1.6.1.1 delle Norme tecniche per le costruzioni emanate con D.M. 14 gennaio 2008.

3.9.1.1 Armatura minima delle travi

L'area dell'armatura longitudinale $A_{s,min}$ in zona tesa non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

dove

b_t rappresenta la larghezza media della zona tesa (per una trave a T con piattabanda compressa, nel calcolare il valore di b_t si considera solo la larghezza dell'anima)

d è l'altezza utile della sezione.

Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata per uno sforzo di trazione pari al taglio.

Al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura tesa o compressa non deve superare individualmente $A_{s,max} = 0,04 A_c$, essendo A_c l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

Le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore a $A_{st} = 1,5 b$ mm²/m, essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque con passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.

In ogni caso, almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

3.9.1.2 Armatura minima dei pilastri

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore o uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm.

Inoltre, la loro area non deve essere inferiore a:

$$A_{s,min} = 0,003 A_c$$

dove A_c è l'area di calcestruzzo.

Le armature trasversali devono essere poste a interasse non maggiore di dodici volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di 1/4 del diametro massimo delle barre longitudinali.

Al di fuori delle zone di sovrapposizione, l'area di armatura non deve superare $A_{s,max} = 0,04 A_c$, essendo A_c l'area della sezione trasversale di calcestruzzo.

3.9.2 Copriferro e interferro

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo non inferiore a 15 mm.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

Il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato in tabella 30.1, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di tabella 4.1.IV delle Norme tecniche per le costruzioni. I valori sono espressi in mm e sono distinti in funzione dell'armatura, barre da cemento armato o cavi aderenti da cemento armato precompresso (fili, trecce e trefoli) e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti, ecc.) o monodimensionale (travi, pilastri, ecc.).

Ai valori della tabella 30.1 devono essere aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm o minore, secondo indicazioni di norme di comprovata validità.

I valori della tabella 30.1 si riferiscono a costruzioni con vita nominale di 50 anni (tipo 2 secondo la tabella 2.4.I delle Norme tecniche per le costruzioni). Per costruzioni con vita nominale di 100 anni (tipo 3 secondo la citata tabella 2.4.I) i valori della tabella 30.1 vanno aumentati di 10 mm. Per classi di resistenza inferiori a C_{min} , i valori della tabella sono da aumentare di 5 mm. Per produzioni di elementi sottoposte a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm.

Per acciai inossidabili o in caso di adozione di altre misure protettive contro la corrosione e verso i vani interni chiusi di solai alleggeriti (alveolari, predalles, ecc.), i copriferri potranno essere ridotti in base a documentazioni di comprovata validità.

Tabella Valori minimi di copri ferro

			Barre da cemento armato		Barre da cemento armato		Cavi da cemento armato precompresso		Cavi da cemento armato precompresso	
			Elementi a piastra		Altri elementi		Elementi a piastra		Altri elementi	
C_{min}	C_0	ambiente	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
c25/30	c35/45	Ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
c28/35	c40/50	Aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
c35/45	c45/55	Molto aggressivo	35	40	40	45	45	50	50	50

Dettagli costruttivi per le zone sismiche

Le indicazioni fornite nel seguito in merito ai dettagli costruttivi si applicano sia alle strutture in cemento armato gettate in opera sia alle strutture in cemento armato prefabbricate (paragrafo 7.4.6 NTC). I dettagli costruttivi sono articolati in termini di:

- limitazioni geometriche;
- limitazioni di armatura.

3.9.3 Limitazioni geometriche

3.9.3.1 Travi

La larghezza b della trave deve essere ≥ 20 cm e, per le travi basse comunemente denominate a spessore, deve essere non maggiore della larghezza del pilastro, aumentata da ogni lato di metà dell'altezza della sezione trasversale della trave stessa, risultando comunque non maggiore di due volte bc , essendo bc la larghezza del pilastro ortogonale all'asse della trave.

Il rapporto b/h tra larghezza e altezza della trave deve essere $\geq 0,25$.

Non deve esserci eccentricità tra l'asse delle travi che sostengono pilastri in falso e l'asse dei pilastri che le sostengono. Esse devono avere almeno due supporti, costituiti da pilastri o pareti.

Le pareti non possono appoggiarsi in falso su travi o solette.

Le zone critiche si estendono, per CD"B" e CD"A", per una lunghezza pari rispettivamente a 1 e 1,5 volte l'altezza della sezione della trave, misurata a partire dalla faccia del nodo trave-pilastro o da entrambi i lati a partire dalla sezione di prima plasticizzazione. Per travi che sostengono un pilastro in falso, si assume una lunghezza pari a due volte l'altezza della sezione misurata da entrambe le facce del pilastro.

3.9.3.2 Pilastri

La dimensione minima della sezione trasversale non deve essere inferiore a 250 mm.

Se q , quale definito nel paragrafo 7.3.1 delle Norme tecniche per le costruzioni, risulta $> 0,1$, l'altezza della sezione non deve essere inferiore a un decimo della maggiore tra le distanze tra il punto in cui si annulla il momento flettente e le estremità del pilastro.

In assenza di analisi più accurate, si può assumere che la lunghezza della zona critica sia la maggiore tra l'altezza della sezione, 1/6 dell'altezza libera del pilastro, 45 cm, l'altezza libera del pilastro se questa è inferiore a tre volte l'altezza della sezione.

3.9.3.3 Nodi trave-pilastro

Sono da evitare, per quanto possibile, eccentricità tra l'asse della trave e l'asse del pilastro concorrenti in un nodo. Nel caso che tale eccentricità superi 1/4 della larghezza del pilastro, la trasmissione degli sforzi deve essere assicurata da armature adeguatamente dimensionate allo scopo.

3.9.3.4 Pareti

Lo spessore delle pareti deve essere non inferiore al valore massimo tra 150 mm (200 mm nel caso in cui nelle travi di collegamento siano da prevedersi, ai sensi del paragrafo 7.4.4.6 (armature inclinate) delle Norme tecniche per le costruzioni e 1/20 dell'altezza libera di interpiano.

Possono derogare da tale limite, su motivata indicazione del progettista, le strutture a funzionamento scatolare a un solo piano non destinate a uso abitativo.

Devono essere evitate aperture distribuite irregolarmente, a meno che la loro presenza non venga specificamente considerata nell'analisi, nel dimensionamento e nella disposizione delle armature.

In assenza di analisi più accurate, si può assumere che l'altezza delle zone critiche sia la maggiore tra la larghezza della parete e $1/6$ della sua altezza.

3.9.4 Limitazioni di armatura

3.9.4.1 Travi

3.9.4.1.1 Armature longitudinali

Almeno due barre di diametro non inferiore a 14 mm devono essere presenti superiormente e inferiormente per tutta la lunghezza della trave.

Le armature longitudinali delle travi, sia superiori sia inferiori, devono attraversare di regola i nodi, senza ancorarsi o giuntarsi per sovrapposizione in essi. Quando ciò non risulti possibile, sono da rispettare le seguenti prescrizioni:

2.9 le barre vanno ancorate oltre la faccia opposta a quella di intersezione con il nodo oppure rivolte verticalmente in corrispondenza di tale faccia, a contenimento del nodo;

2.10 la lunghezza di ancoraggio delle armature tese va calcolata in modo da sviluppare una tensione nelle barre pari a $1,25 f_{yk}$ e misurata a partire da una distanza pari a 6 diametri dalla faccia del pilastro verso l'interno.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora oltre il nodo non può terminare all'interno di una zona critica, ma deve ancorarsi al di là di essa.

La parte dell'armatura longitudinale della trave che si ancora nel nodo invece deve essere collocata all'interno delle staffe del pilastro.

Per nodi esterni si può prolungare la trave oltre il pilastro, si possono usare piastre saldate alla fine delle barre, si possono piegare le barre per una lunghezza minima pari a dieci volte il loro diametro, disponendo un'apposita armatura trasversale dietro la piegatura.

3.9.4.1.2 Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere previste staffe di contenimento. La prima staffa di contenimento deve distare non più di 5 cm dalla sezione a filo pilastro; le successive invece devono essere disposte a un passo non superiore alla minore tra le grandezze seguenti:

- _ $1/4$ dell'altezza utile della sezione trasversale;
- _ 175 mm e 225 mm, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- _ sei volte e otto volte il diametro minimo delle barre longitudinali considerate ai fini delle verifiche, rispettivamente per CD "A" e CD "B";
- _ ventiquattro volte il diametro delle armature trasversali.

Per staffa di contenimento si intende una staffa rettangolare, circolare o a spirale, di diametro minimo 6 mm, con ganci a 135° prolungati per almeno 10 diametri alle due estremità. I ganci devono essere assicurati alle barre longitudinali.

3.9.4.2 Pilastri

Nel caso in cui i tamponamenti non si estendano per l'intera altezza dei pilastri adiacenti, l'armatura risultante deve essere estesa per una distanza pari alla profondità del pilastro oltre la zona priva di tamponamento. Nel caso in cui l'altezza della zona priva di tamponamento fosse inferiore a 1,5 volte la profondità del pilastro, devono essere utilizzate armature bi-diagonali.

Nel caso precedente, qualora il tamponamento sia presente su un solo lato di un pilastro, l'armatura trasversale da disporre alle estremità del pilastro deve essere estesa all'intera altezza del pilastro.

3.9.4.2.1 Armature longitudinali

Per tutta la lunghezza del pilastro l'interasse tra le barre non deve essere superiore a 25 cm.

Nella sezione corrente del pilastro, la percentuale geometrica ρ di armatura longitudinale, ρ rapporto tra l'area dell'armatura longitudinale e l'area della sezione del pilastro, deve essere compresa entro i seguenti limiti: $1\% \leq \rho \leq 4\%$. Se sotto l'azione del sisma la forza assiale su un pilastro è di trazione, la lunghezza di ancoraggio delle barre longitudinali deve essere incrementata del 50%.

3.9.4.2.2 Armature trasversali

Nelle zone critiche devono essere rispettate le condizioni seguenti:

- _ le barre disposte sugli angoli della sezione devono essere contenute dalle staffe;
- _ almeno una barra ogni due, di quelle disposte sui lati, deve essere trattenuta da staffe interne o da legature;
- _ le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm e 20 cm da una barra fissata, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

Il diametro delle staffe di contenimento e legature deve essere non inferiore a 6 mm e il loro passo deve essere non superiore alla più piccola delle quantità seguenti:

- _ 1/3 e 1/2 del lato minore della sezione trasversale, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- _ 125 mm e 175 mm, rispettivamente per CD"A" e CD"B";
- _ sei e otto volte il diametro delle barre longitudinali che collegano, rispettivamente per CD"A" e CD"B".

3.9.4.2.3 Nodi trave-pilastro

Lungo le armature longitudinali del pilastro che attraversano i nodi non confinati devono essere disposte staffe di contenimento in quantità almeno pari alla maggiore prevista nelle zone del pilastro inferiore e superiore adiacenti al nodo. Questa regola può non essere osservata nel caso di nodi interamente confinati.

3.9.4.2.4 Pareti

Le armature, sia orizzontali sia verticali, devono avere diametro non superiore a 1/10 dello spessore della parete, essere disposte su entrambe le facce della parete, a un passo non superiore a 30 cm ed essere collegate con legature, in ragione di almeno nove ogni metro quadrato. Nella zona critica si individuano alle estremità della parete due zone confinate aventi per lati lo spessore della parete e una lunghezza confinata l_c pari al 20% della lunghezza in pianta l della parete stessa e comunque non inferiore a 1,5 volte lo spessore della parete. In tale zona il rapporto geometrico ρ dell'armatura totale verticale, riferito all'area confinata, deve essere compreso entro i seguenti limiti: $1\% \leq \rho \leq 4\%$. Nelle zone confinate l'armatura trasversale deve essere costituita da barre di diametro non inferiore a 6 mm, disposti in modo da fermare una barra verticale ogni due, con un passo non superiore a otto volte il diametro della barra o a 10 cm. Le barre non fissate devono trovarsi a meno di 15 cm da una barra fissata. Le armature inclinate che attraversano potenziali superfici di scorrimento devono essere efficacemente ancorate al di sopra e al di sotto della superficie di scorrimento e attraversare tutte le sezioni della parete poste al di sopra di essa e distanti da essa meno della minore tra 1/2 altezza e 1/2 larghezza della parete. Nella rimanente parte della parete, in pianta e in altezza, vanno seguite le regole delle condizioni non sismiche, con un'armatura minima orizzontale e verticale pari allo 0,2%, per controllare la fessurazione da taglio.

3.9.4.2.5 Travi di accoppiamento

Nel caso di armatura a X, ciascuno dei due fasci di armatura deve essere racchiuso da armatura a spirale o da staffe di contenimento con passo non superiore a 100 mm. In questo caso, in aggiunta all'armatura diagonale, deve essere disposta nella trave un'armatura di almeno 10 cm di diametro, distribuita a passo 10 cm in direzione sia longitudinale che trasversale e un'armatura corrente di due barre da 16 mm ai bordi superiore e inferiore. Gli ancoraggi delle armature nelle pareti devono essere del 50% più lunghi di quanto previsto per il dimensionamento in condizioni non sismiche.

3.10 Art. 30. Armature minime degli elementi strutturali in cemento armato precompresso

3.10.1 Armatura longitudinale ordinaria

Nelle travi precomprese, anche in assenza di tensioni di trazione, la percentuale di armatura longitudinale ordinaria non dovrà essere inferiore allo 0,1% dell'area complessiva dell'anima e dell'eventuale ringrosso dal lato dei cavi. Nel caso sia prevista la parzializzazione della sezione in esercizio, le barre longitudinali di armatura ordinaria devono essere disposte nella zona della sezione che risulta parzializzata.

3.10.2 Staffe

Nelle travi dovranno disporsi staffe aventi sezione complessiva non inferiore a $1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$, essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione. In prossimità di carichi concentrati o delle zone d'appoggio, valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 4.1.2.1.3 delle Norme tecniche per le costruzioni. In presenza di torsione, valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 4.1.2.1.4 delle Norme tecniche per le costruzioni. In particolare, si evidenzia che le armature longitudinali e trasversali del traliccio resistente devono essere poste entro lo spessore t del profilo periferico. Le barre longitudinali possono essere distribuite lungo detto profilo, ma comunque una barra deve essere presente su tutti i suoi spigoli.

4 PROVE E VERIFICHE SULLE OPERE E SUI MATERIALI

4.1 Art. 31. Controlli regolamentari sul conglomerato cementizio

Resistenza caratteristica

Agli effetti delle nuove norme tecniche emanate con **D.M. 14 gennaio 2008**, un calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione. Si definisce *resistenza caratteristica* la resistenza a compressione al di sotto della quale si può attendere di trovare il 5% della popolazione di tutte le misure di resistenza.

4.1.2 Controlli di qualità del conglomerato

Il controllo di qualità, così come descritto più avanti, consente di verificare nelle diverse fasi esecutive la produzione del conglomerato cementizio, garantendone, così, la conformità alle prescrizioni di progetto.

Il controllo deve articolarsi nelle seguenti fasi:

- _ valutazione preliminare di qualificazione;
- _ controllo di accettazione;
- _ prove complementari.

4.1.2.1 Valutazione preliminare di qualificazione

Consiste nella verifica della qualità dei componenti il conglomerato cementizio (ovvero aggregati, cementi, acque e additivi) e si esplica attraverso il confezionamento di miscele sperimentali che permettono di accertare la possibilità di produrre conglomerati conformi alle prescrizioni di progetto (classe di resistenza e classe di consistenza conformi alla norma **206-1**).

Tutti i materiali forniti, se finalizzati all'esecuzione di elementi strutturali, devono essere forniti di un'attestazione di conformità di livello 2+. Tali controlli sono da considerarsi cogenti e inderogabili.

4.1.2.2 Controllo di accettazione

Si riferisce all'attività di controllo esercitata dalla direzione dei lavori durante l'esecuzione delle opere e si esplica attraverso la determinazione di parametri convenzionali, quali la misura della resistenza a compressione di provini cubici, la misura della lavorabilità mediante l'abbassamento al cono di Abrams del calcestruzzo fresco, ecc. Tali controlli sono da considerarsi cogenti e inderogabili.

4.1.2.3 Prove complementari

Comprendono tutta l'attività sperimentale che la direzione dei lavori può avviare in presenza di procedure particolari di produzione e/o ove necessario, a integrazione delle precedenti prove.

4.1.2.3.1 Valutazione preliminare della resistenza caratteristica

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

L'appaltatore resta, comunque, responsabile della garanzia sulla qualità del conglomerato, che sarà controllata dal direttore dei lavori, secondo le procedure di cui al punto seguente.

4.1.2.3.2 Controllo di accettazione

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

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

- _ controllo tipo A;
- _ controllo tipo B.

Il controllo di accettazione è positivo e il quantitativo di calcestruzzo accettato, se risultano verificate le due disuguaglianze riportate nella tabella 114.1.

Tabella Controlli di accettazione

Controllo di tipo A	Controllo di tipo B
$R_i \geq R_{ck} - 3,5$	
$R_m \geq R_{ck} + 3,5$ (numero prelievi 3)	$R_m \geq R_{ck} + 1,4 s$ (numero prelievi ≥ 15)
dove R_{ck} = resistenza media dei prelievi (N/mm ²) R_i = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm ²) s = scarto quadratico medio.	

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

4.1.3 Prelievo ed esecuzione della prova a compressione

• Prelievo di campioni

Il prelievo di campioni di calcestruzzo deve essere eseguito dalla direzione dei lavori, che deve provvedere a identificare i provini mediante sigle ed etichette e a custodirli in un locale idoneo prima della formatura e durante la stagionatura.

Un prelievo consiste nel prelevare da una carica di calcestruzzo, per ogni giorno di getto e per un massimo di 100 m³ forniti, al momento della posa in opera nei casseri, la quantità di conglomerato necessaria per la confezione di un gruppo di due provini.

La campionatura minima per ciascun controllo di accettazione è di tre prelievi di due cubetti ciascuno.

La media delle resistenze a compressione dei due provini di un prelievo rappresenta la cosiddetta *resistenza di prelievo*, che costituisce il valore mediante il quale vengono eseguiti i controlli del calcestruzzo.

È obbligo del direttore dei lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo tutte le volte che variazioni di qualità dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso.

4.1.3.2 Dimensioni dei provini

La forma e le dimensioni dei provini di calcestruzzo per le prove di resistenza meccanica sono previste dalla norma **UNI EN 12390-3**. In generale, il lato dei cubetti deve essere proporzionato alla dimensione massima dell'inerte.

La norma **UNI EN 12390-1** indica, come dimensione del lato del provino, quella pari ad almeno tre volte la dimensione nominale dell'aggregato con cui è stato confezionato il calcestruzzo.

In generale, ora devono confezionarsi provini con le seguenti dimensioni nominali:

- cubetti di calcestruzzo:
 - _ lato b (cm) = 10-15-20-25 e 30;
 - _ tolleranza lunghezza lato: $\pm 0,5\%$.
- provini cilindrici:
 - _ diametro d (cm) = 10-11,30-15-20-25-30;
 - _ altezza pari a due volte il diametro;
 - _ tolleranza altezza cilindro: $\pm 5\%$;
 - _ tolleranza perpendicolarità generatrice rispetto alla base del cilindro del provino: $\pm 0,5$ mm.
- provini prismatici:
 - _ lato di base b (cm) = 10-15-20-25 e 30;
 - _ lunghezza maggiore o uguale a $3,5 b$;
 - _ tolleranza lato di base: $\pm 0,5\%$;
 - _ tolleranza perpendicolarità spigoli del provino: ± 5 mm.

La tolleranza sulla planarità dei provini è di $\pm 0,000 \cdot 6 d (b)$.

4.1.3.3 Confezionamento dei provini

Il calcestruzzo entro le forme o cubiere deve essere opportunamente assestato e compattato per strati, secondo le prescrizioni della norma **UNI 12390-2**, utilizzando uno dei seguenti metodi:

- barra d'acciaio a sezione quadra (25 mm × 25 mm) e lunghezza di almeno 38 cm;
- barra di acciaio a sezione circolare con diametro 16 mm e lunghezza di almeno 60 cm;
- tavola vibrante, con diametro in funzione della dimensione più piccola dell'inerte con cui è stato confezionato il calcestruzzo;
- vibratore interno.

Il calcestruzzo, prima di essere collocato nelle casseforme, deve essere opportunamente rimiscelato in apposito recipiente. Il riempimento delle casseformi deve avvenire per strati. La norma **UNI 12390-2** indica almeno due strati con spessore non superiore a 10 cm.

Il calcestruzzo a consistenza umida o a basso tenore d'acqua, invece, dovrà essere vibrato nella cubiera mediante tavola vibrante o vibratore a immersione di dimensioni e caratteristiche rapportate alle dimensioni del provino.

Dopo la costipazione, la superficie di calcestruzzo nella parte superiore della casseforma deve essere rasata con righello metallico e lisciata con idonea cazzuola o con fratazzo. La superficie esterna del provino deve essere opportunamente protetta, dall'evaporazione fino alla sformatura.

La sformatura, che consiste nella rimozione delle casseforme, potrà essere eseguita dopo 24 ore dalla preparazione e in maniera da non danneggiare il provino.

4.1.3.4 Caratteristiche delle casseformi calibrate per provini

Le casseformi calibrate per il confezionamento dei provini di calcestruzzo cubici, cilindrici e prismatici, secondo la norma **UNI EN 12390-1**, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

Preferibilmente devono impiegarsi casseforme in acciaio o in ghisa e le giunture devono essere trattate con specifici prodotti (oli, grasso, ecc.) per assicurare la perfetta tenuta stagna.

Sulle dimensioni (lati e diametro) è ammessa una tolleranza dello $\pm 0,25\%$. Le tolleranze sulla planarità delle facce laterali e della superficie della piastra di base variano a seconda che si tratti di casseforme nuove o usate. Per le casseforme per provini cubici o prismatici è ammessa una tolleranza sulla perpendicolarità tra gli spigoli di $\pm 0,5$ mm. Le modalità di misurazione delle tolleranze geometriche (planarità, perpendicolarità e rettilineità) e dei provini di calcestruzzo e delle casseforme sono illustrate nell'appendice A e B della norma **UNI EN 12390-1**.

Le caratteristiche costruttive delle casseformi devono essere idonee a prevenire eventuali deformazioni durante il confezionamento dei provini. Le casseformi in commercio sono realizzate in:

- materiale composito (di tipo compatto o scomponibile nel fondo e nelle quattro pareti laterali);
- polistirolo espanso (la sformatura del provino da tali casseforme ne comporta la distruzione);
- acciaio (scomponibili e dotate di separatori a incastro nel caso di casseforme a più posti).

L'impiego di tali prodotti verrà autorizzato dal direttore dei lavori solo in presenza del certificato di qualità attestante che i requisiti prestazionali corrispondano a quelli previsti dalla norma **UNI EN 12390-1**.

4.1.3.5 Marcatura dei provini

Il direttore dei lavori deve contrassegnare i provini di calcestruzzo mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. Tali dati devono essere annotati nel verbale di prelievo ai fini dell'individuazione dei campioni e per avere la conferma che essi siano effettivamente quelli prelevati in cantiere in contraddittorio con l'appaltatore.

Dopo la marcatura, i provini devono essere inviati per l'esecuzione delle prove ai laboratori ufficiali. Il certificato di prova dovrà contenere tutti i dati dichiarati dal direttore dei lavori, compreso il riferimento al verbale di prelievo.

4.1.3.6 Verbale di prelievo di campioni di calcestruzzo in cantiere

Il verbale di prelievo dei cubetti di calcestruzzo, che deve essere eseguito in cantiere dal direttore dei lavori in contraddittorio con l'impresa per l'esecuzione di prove presso laboratori ufficiali, deve contenere le seguenti indicazioni:

- località e denominazione del cantiere;
- requisiti di progetto del calcestruzzo;
- modalità di posa in opera;
- identificazione della betoniera;
- data e ora del prelevamento;
- posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo;
- marcatura dei provini;
- modalità di compattazione nelle casseforme (barra d'acciaio a sezione quadra o a sezione circolare e relativo numero dei colpi necessari per l'assestamento, tavola vibrante, vibratore interno);
- modalità di conservazione dei provini prima della scasseratura;
- modalità di conservazione dei provini dopo la scasseratura;
- dichiarazione, del direttore dei lavori o dell'assistente, delle modalità di preparazione dei provini, in conformità alle prescrizioni della norma **UNI 12390-2**;
- eventuali osservazioni sulla preparazione e sulla conservazione dei provini di calcestruzzo.

Il verbale di prelievo deve essere firmato dal direttore dei lavori e da un rappresentante qualificato dell'impresa esecutrice.

4.1.3.7 Domanda di prova al laboratorio ufficiale

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

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

4.1.3.8 Conservazione e maturazione

La conservazione e la maturazione dei provini di calcestruzzo devono avvenire presso il laboratorio ufficiale prescelto, a cui devono essere inviati i provini non prima di 24 ore dopo il confezionamento in cantiere.

devono essere opportunamente annotate sul verbale.

I provini di calcestruzzo devono essere prelevati dall'ambiente di stagionatura almeno 2 ore prima dell'inizio della prova. I provini durante il trasporto devono essere opportunamente protetti da danni o essiccamenti. In alcuni particolari casi come nelle prove a 3 e 7 giorni o minori, è necessario l'imballaggio dei provini in segatura o sabbia umida.

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

4.1.3.9 Resoconto della prova di compressione

I certificati emessi dai laboratori ufficiali prove, come previsto dalle norme tecniche, devono obbligatoriamente contenere almeno:

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

4.2 Art. 32. Controlli sul calcestruzzo fresco

4.2.1 Prove per la misura della consistenza

La consistenza, intesa come lavorabilità, non è suscettibile di definizione quantitativa, ma soltanto di valutazione relativa del comportamento dell'impasto di calcestruzzo fresco secondo specifiche modalità di prova.

I metodi sottoelencati non risultano pienamente convergenti, tanto che le proprietà del calcestruzzo risultano diverse al variare del metodo impiegato. In sostanza, il tipo di metodo andrà riferito al tipo di opera strutturale e alle condizioni di getto. Il metodo maggiormente impiegato nella pratica è quello della misura dell'abbassamento al cono.

Le prove che possono essere eseguite sul calcestruzzo fresco per la misura della consistenza sono:

3) prova di abbassamento al cono (slump test);

4) misura dell'indice di compattabilità;

5) prova Vebè;

6) misura dello spandimento.

La norma **UNI EN 206-1** raccomanda di interpretare con cautela i risultati delle misure quando i valori misurati cadono al di fuori dei seguenti limiti:

- abbassamento al cono: ≥ 10 mm e ≤ 210 mm;

5) tempo Vebè: ≤ 30 secondi e > 5 secondi;

6) indice di compattabilità: $\geq 1,04$ e $< 1,46$;

7) spandimento: > 340 mm e ≤ 620 mm.

dell'abbassamento al cono (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale*, 1996)

Classe di consistenza	Abbassamento (mm)	Denominazione corrente
S1	Da 10 a 40	Umida
S2	Da 50 a 90	Plastica
S3	Da 100 a 150	Semifluida
S4	Da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	-

Tabella Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante il metodo Vebè (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale*, 1996)

Classe di consistenza	Tempo Vebè (s)
V0	≥ 31
V1	Da 30 a 21
V2	Da 20 a 11
V3	Da 10 a 6
V4	Da 5 a 3

Tabella Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante la misura dello spandimento (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale*, 1996)

Classe di consistenza	Spandimento (mm)
FB1	≤ 340
FB2	Da 350 a 410
FB3	Da 420 a 480
FB4	Da 490 a 550
FB5	Da 560 a 620
FB6	≥ 630

Tabella Classi di consistenza del calcestruzzo fresco mediante dell'indice di compattabilità (fonte: *Linee guida sul calcestruzzo strutturale*, 1996)

Classe di consistenza	Indice di compattabilità
C0	$\geq 1,46$
C1	Da 1,46 a 1,26
C2	Da 1,26 a 1,11
C3	Da 1,10 a 1,04

4.2.2 Controllo della composizione del calcestruzzo fresco

La prova prevista dalla norma **UNI 6393** (ritirata senza sostituzione) è impiegata per la determinazione del dosaggio dell'acqua e del legante e per l'analisi granulometrica del residuo secco, al fine di controllare la composizione del calcestruzzo fresco rispetto alla composizione e alle caratteristiche contrattuali per le specifiche opere.

La prova potrà essere chiesta dal direttore dei lavori in caso di resistenza a compressione non soddisfacente o per verificare la composizione del calcestruzzo rispetto alle prescrizioni contrattuali. Il metodo non è applicabile per i calcestruzzi nei quali la dimensione massima dell'aggregato superi 31,5 mm e per il calcestruzzo indurito prelevato da getti in opera.

Per l'esecuzione della prova dovranno essere prelevati tre campioni di quantità variabile da 3 a 10 kg di calcestruzzo fresco, in funzione della dimensione dell'inerte. Il prelevamento dei campioni da autobetoniera deve essere eseguito entro 30 minuti dall'introduzione dell'acqua. Il campionamento deve essere eseguito secondo le modalità prescritte dalla norma **12350-1**.

Al metodo di controllo della composizione del calcestruzzo fresco è attribuita una precisione di circa il 3%.

4.2.3 Determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (Bleeding)

La determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata (**UNI 7122**) ha lo scopo di determinare nel tempo la percentuale d'acqua d'impasto presente nel campione (oppure come volume d'acqua essudata per unità di superficie: cm³/cm²) che affiora progressivamente sulla superficie del getto di calcestruzzo subito dopo la sua compattazione.

La prova non è attendibile per calcestruzzo confezionato con aggregato con dimensione massima maggiore di 40 mm.

L'esecuzione di opere di finitura e lisciatura delle superfici di calcestruzzo devono essere eseguite dopo i risultati della determinazione della quantità d'acqua d'impasto essudata.

4.3 Art. 33. Controlli sul calcestruzzo in corso d'opera

4.3.1 Le finalità

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni (**D.M. 14 gennaio 2008**) prevedono esplicitamente (paragrafo 11.2.5) l'effettuazione di un controllo di accettazione del calcestruzzo in relazione alla resistenza caratteristica a compressione prescritta. Qualora i valori di resistenza a compressione dei provini prelevati durante il getto non soddisfino i criteri di accettazione della classe di resistenza caratteristica prevista nel progetto o qualora sorgano dubbi sulla qualità del calcestruzzo, è facoltà del direttore dei lavori richiedere l'effettuazione di prove direttamente sulle strutture. In questi casi, si dovrà tenere nel debito conto gli effetti che sui prelievi in opera hanno avuto la posa in opera e la stagionatura del calcestruzzo. Per tale ragione, la verifica o il prelievo del calcestruzzo indurito non possono essere sostitutivi dei controlli d'accettazione da eseguirsi su provini prelevati e stagionati in conformità alle relative norme UNI.

La conformità della resistenza non implica necessariamente la conformità nei riguardi della durabilità o di altre caratteristiche specifiche del calcestruzzo messo in opera. Analogamente, la non

conformità della resistenza valutata in una posizione non implica la non conformità di tutto il calcestruzzo messo in opera.

La stima della resistenza *in situ* dalla struttura può essere richiesta anche ai fini della valutazione della sicurezza di edifici esistenti, per esempio quando ricorra uno dei seguenti casi:

- 3) riduzione evidente della capacità resistente di elementi strutturali;
 - 4) azioni ambientali (sisma, vento, neve e temperatura) che abbiano compromesso la capacità resistente della struttura;
 - 5) degrado e decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali (in relazione alla durabilità dei materiali stessi);
 - 6) verificarsi di azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) significative e di situazioni di funzionamento e uso anomalo;
 - 7) distorsioni significative imposte da deformazioni del terreno di fondazione;
 - 8) provati errori di progetto o esecuzione;
 - 9) cambio della destinazione d'uso della costruzione o di parti di essa, con variazione significativa dei carichi variabili;
 - 10) interventi non dichiaratamente strutturali (impiantistici, di redistribuzione degli spazi, ecc.) qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale.
- Le modalità d'indagine, ovviamente, sanno diversificate a seconda che sia necessario:
- 11) stimare la stabilità di un'intera struttura;
 - 12) determinare la qualità di singoli elementi.

In ogni caso, il numero di campioni prelevati dipende:

- dal grado di fiducia che si intende affidare alla stima della resistenza;
- dalla variabilità dei dati o risultati che si presume di ottenere.

4.3.2 Pianificazione delle prove in opera

Le regioni di prova, da cui devono essere estratti i campioni o sulle quali saranno eseguite le prove sul calcestruzzo in opera, devono essere scelte in modo da permettere la valutazione della resistenza meccanica della struttura o di una sua parte interessata all'indagine secondo i criteri previsti dalla **UNI EN 13791**.

Le aree e i punti di prova devono essere preventivamente identificati e selezionati in relazione agli obiettivi. La dimensione e la localizzazione dei punti di prova dipendono dal metodo prescelto, mentre il numero di prove da effettuare dipende dall'affidabilità desiderata nei risultati.

La definizione e la divisione in regioni di prova di una struttura, presuppongono che i prelievi o i risultati di una regione appartengano statisticamente e qualitativamente a una medesima popolazione di calcestruzzo.

Nella scelta delle aree di prova si deve tener conto che, in ogni elemento strutturale eseguito con getto continuo, la resistenza del calcestruzzo in opera diminuisce progressivamente dal basso verso l'alto. Nel caso in cui si voglia valutare la capacità portante di una struttura, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone più sollecitate dell'edificio. Nel caso in cui si voglia valutare il tipo o l'entità di un danno, invece, le regioni di prova devono essere concentrate nelle zone dove si è verificato il danno o si suppone sia avvenuto. In quest'ultimo caso, per poter effettuare un confronto, è opportuno saggiare anche una zona non danneggiata.

4.3.3 Predisposizione delle aree di prova

Le aree e le superfici di prova vanno predisposte in relazione al tipo di prova che s'intende eseguire, facendo riferimento al fine cui le prove sono destinate, alle specifiche norme UNI e alle indicazioni del produttore dello strumento di prova.

In linea di massima e salvo quanto sopra indicato, le aree di prova devono essere prive di evidenti difetti che possano inficiare il risultato e la significatività delle prove stesse (vespai, vuoti, occlusioni, ecc.), di materiali estranei al calcestruzzo (intonaci, collanti, impregnanti, ecc.), nonché di polvere e impurità in genere.

L'eventuale presenza di materiale estraneo e/o di anomalie sulla superficie deve essere registrata sul verbale di prelievo e/o di prova.

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

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

Dal numero di carote estratte o di misure non distruttive effettuate dipende la significatività della stima della resistenza.

La tabella 116.1 riporta, in maniera sintetica e a scopo esemplificativo, i vantaggi e gli svantaggi dei metodi d'indagine più comuni.

Tabella Vantaggi e svantaggi dei metodi di indagine più comuni

Metodo di prova	Costo	Velocità di esecuzione	Danno apportato alla struttura	Rappresentatività dei dati ottenuti	Qualità della correlazione fra la grandezza misurata e la resistenza
Carotaggio	Elevato	Lenta	Moderato	Moderata	Ottima
Indice di rimbalzo	Molto basso	Veloce	Nessuno	Interessa solo la superficie ¹	Debole
Velocità di propagazione di ultrasuoni	Basso	Veloce	Nessuno	Buona (riguarda tutto lo spessore)	Moderata ²
Estrazione di inserti	Moderato	Veloce	Limitato	Interessa solo la superficie	Buona
Resistenza alla penetrazione	Moderato	Veloce	Limitato	Interessa solo la superficie	Moderata

¹ La singola determinazione è influenzata anche dallo stato della superficie dell'area di prova (umidità, carbonatazione, ecc.).
² La misura si correla bene con il modulo elastico del materiale. La bontà della correlazione tra modulo elastico e resistenza meccanica può dipendere dalle caratteristiche del conglomerato.

I metodi più semplici e che arrecano il minor danno alle superfici delle strutture, quali l'indice di rimbalzo e la velocità di propagazione, richiedono, per la predizione della resistenza, calibrazioni complesse. L'indagine mediante carotaggio, invece, non richiede (quasi) correlazione per l'interpretazione dei dati ma, per contro, provoca un danno elevato e risulta lenta e costosa. Il carotaggio è, comunque, il metodo di riferimento per la calibrazione (taratura) di tutti i metodi non distruttivi o parzialmente distruttivi. Nella scelta della metodologia si deve tener conto delle specifiche capacità e caratteristiche.

L'indice di rimbalzo permette di valutare le caratteristiche anche dopo breve periodo di maturazione, ma il risultato riguarda solo la superficie esterna.

La velocità di propagazione, generalmente, operando per trasparenza, richiede l'accessibilità di due superfici opposte e fornisce indicazioni sulla qualità del conglomerato all'interno della struttura.

La misura della resistenza alla penetrazione e della forza di estrazione caratterizzano la superficie esterna (più in profondità dell'indice di rimbalzo). La prima è più idonea a saggiare elementi di grosse dimensioni, la seconda è più adatta anche per elementi di ridotte dimensioni.

La numerosità dei punti di prova è un compromesso tra accuratezza desiderata, tempo d'esecuzione, costo e danno apportato alla struttura.

A titolo esemplificativo, la tabella 116.2 riporta alcune indicazioni circa i valori tipici di riferimento per la variabilità e i limiti di confidenza nella stima della resistenza ottenibili con diversi metodi di prova.

La stessa tabella riporta un'indicazione di massima riguardante il numero minimo di prove da effettuare in una specifica area di prova.

Tabella Valori tipici di riferimento per la variabilità e i limiti di confidenza nella stima della resistenza ottenibili con diversi metodi di prova

Metodo di prova	Coefficiente di variazione dei valori ottenuti su un elemento strutturale di buona qualità (%)	Limiti di confidenza (\pm %) al 95% nella stima della resistenza	Numero di prove o di campioni relativo ad un'area di prova
Carotaggio	10	10	3

4.3.4 Elaborazione dei risultati

Un'indagine mirata alla stima della resistenza in opera comporta genericamente l'esame di risultati provenienti da prove di resistenza meccanica su carote e/o di dati ottenuti da metodi non distruttivi. Se la numerosità (complessiva) dei risultati relativi a un'area di prova è pari a tre, numero minimo accettabile, si può stimare solamente la resistenza media.

Si ribadisce che per stimare la resistenza caratteristica del calcestruzzo in opera bisogna fare riferimento al procedimento previsto dalla norma **UNI EN 13791**, paragrafi 7.3.2 e 7.3.3, nel caso di utilizzo di metodo diretto (carotaggio), o paragrafo 8.2.4, nel caso di utilizzo di metodo indiretto.

4.3.5 Carotaggio

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo *in situ* può essere formulata sulla scorta dei risultati ottenuti in laboratorio da prove di compressione eseguite su campioni cilindrici (carote) prelevati dalle strutture in numero non inferiore a tre. L'ubicazione dei prelievi o carotaggi deve essere effettuata in maniera da non arrecare danno alla stabilità della struttura. I fori devono essere ripristinati con malte espansive e a ritiro compensato.

Il carotaggio può risultare improprio per verificare le caratteristiche di calcestruzzi di bassa resistenza ($R_c \leq 20$ N/mm²) o alle brevi scadenze, poiché sia il carotaggio sia la lavorazione delle superfici possono sgretolare e compromettere l'integrità del conglomerato di resistenza ridotta.

Ai fini della determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo in situ è necessario applicare i necessari fattori di correzione poiché i risultati forniti dalla prova a compressione delle carote non corrispondono esattamente a quelli che si otterrebbero con le prove a compressione condotte su cubi confezionati durante il getto, a causa della diversità dell'ambiente di maturazione, della direzione del getto rispetto a quella di carotaggio, dei danni prodotti dall'estrazione, ecc. I fattori di influenza sono quelli descritti dall'allegato A alla norma **13791**.

4.3.5.1 Linee generali

Si devono prendere in considerazione le seguenti avvertenze:

- il diametro delle carote deve essere almeno superiore a tre volte il diametro massimo degli aggregati (i diametri consigliati sono compresi tra 75 e 150 mm);
- le carote destinate alla valutazione della resistenza non dovrebbero contenere ferri d'armatura (si devono scartare i provini contenenti barre d'armatura inclinate o parallele all'asse);
- per ottenere la stima attendibile della resistenza di un'area di prova devono essere prelevate e provate almeno tre carote;
- il rapporto lunghezza/diametro delle carote deve essere uguale a 1 e diametro = 100 mm.

Si deve evitare che i provini abbiano snellezza inferiore a uno o superiore a due;

- i campioni estratti (e i provini) devono essere protetti nelle fasi di lavorazione e di deposito rispetto all'essiccazione all'aria. Salvo diversa prescrizione, le prove di compressione devono essere eseguite su provini umidi;
- nel programmare l'estrazione dei campioni si deve tener conto che la resistenza del calcestruzzo dipende dalla posizione o giacitura del getto;
- è necessario verificare accuratamente, prima di sottoporre i campioni alla prova di compressione, la planarità e l'ortogonalità delle superfici d'appoggio. La lavorazione o la preparazione inadeguata dei provini porta, infatti, a risultati erranei. Il semplice taglio e la

molatura delle superfici di prova possono non soddisfare i requisiti di parallelismo e planarità richiesti dalle norme.

4.3.5.2 Area di prova o di prelievo

Le carote devono essere prelevate nell'individuata regione di prova e in particolare in corrispondenza degli elementi strutturali nei quali è stato posto in opera il calcestruzzo non conforme ai controlli di accettazione o laddove il direttore dei lavori ritiene che ci sia un problema di scadente o inefficace compattazione e maturazione dei getti.

Nell'individuazione delle aree di carotaggio dovranno essere rispettati i seguenti accorgimenti e quelli indicati dalla **UNI EN 12504-1**:

- devono essere lontane dagli spigoli e dai giunti in cui è presente poca o nessuna armatura;
- devono riguardare zone a bassa densità d'armatura (prima di eseguire i carotaggi sarà opportuno stabilire l'esatta disposizione delle armature mediante apposite metodologie d'indagine non distruttive);
- devono essere lontane dalle parti sommitali dei getti;
- devono essere evitati i nodi strutturali.

L'estrazione dei provini di calcestruzzo indurito deve avvenire almeno dopo 28 giorni di stagionatura. In occasione dell'estrazione dovranno essere scartati tutti quei provini danneggiati o che contengano corpi estranei e parti di armature che potrebbero pregiudicare il risultato finale.

4.3.5.3 Norme di riferimento

Le procedure per l'estrazione, la lavorazione dei campioni estratti per ottenere i provini e le relative modalità di prova a compressione sono quelle descritte nelle norme:

UNI EN 12504-1 - *Prelievo sul calcestruzzo nelle strutture. Carote. Prelievo, esame e prova di compressione*;

UNI EN 12390-1 - *Prova sul calcestruzzo indurito. Forma, dimensioni e altri requisiti per provini e per casseforme*;

UNI EN 12390-2 - *Prova sul calcestruzzo indurito. Confezionamento e stagionatura dei provini per prove di resistenza*;

UNI EN 12390-3 - *Prova sul calcestruzzo indurito. Resistenza alla compressione dei provini*;

UNI EN 13791 - *Valutazione della resistenza a compressione in sito nelle strutture e nei componenti prefabbricati di calcestruzzo*.

Verbale di prelevamento dei campioni di calcestruzzo indurito

Il verbale di prelievo dei campioni di calcestruzzo indurito, redatto secondo la **UNI EN 12504-1**, deve contenere almeno le seguenti indicazioni:

- 2.10 località e denominazione del cantiere;
- 2.11 posizione in opera del calcestruzzo da cui è stato fatto il prelievo;
- 2.12 forma e dimensione dei provini;
- 2.13 numero e sigla di ciascun campione;
- 2.14 data del getto;
- 2.15 data del prelievo delle carote;
- 2.16 modalità di estrazione e utensile impiegato.

4.3.6 Metodi indiretti per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo in opera

Come metodi indiretti devono essere presi in considerazione i metodi più consolidati nella pratica dei controlli non distruttivi: indice di rimbalzo, pull-out e misura della velocità di propagazione.

I metodi indiretti (indice di rimbalzo, velocità di propagazione degli impulsi e forza di estrazione) dovranno rispettare le linee guida della stessa **UNI EN 13791** mediante la correlazione tra i risultati dei metodi di prova indiretti e la resistenza a compressione su carote prelevate dalla struttura in esame. Il carotaggio è il metodo di riferimento per la calibrazione (taratura) di tutti i metodi non distruttivi o parzialmente distruttivi.

La legge di correlazione deve essere determinata utilizzando un adeguato numero di campioni, ottenuti mediante carotaggio dalla struttura in esame e sottoposti a indagine non distruttiva prima della loro rottura.

Il direttore dei lavori deve condurre una preliminare campagna di analisi con metodi indiretti al fine di programmare le posizioni di prelievo delle carote, anche sulla base del grado di omogeneità del volume di calcestruzzo in esame ed eventualmente di suddividere l'area in esame in lotti entro i quali sia possibile definire statisticamente l'omogeneità del calcestruzzo.

I fattori di influenza dei risultati dei metodi indiretti sono quelli descritti dall'allegato B alla norma **13791**.

- Calibratura delle curve di correlazione tra risultati di prove non distruttive e la resistenza a compressione del calcestruzzo in opera

La stima della resistenza a compressione del calcestruzzo in opera, mediante metodi non distruttivi, si deve basare sull'impiego di correlazioni tra il parametro non distruttivo proprio del metodo impiegato e la resistenza a compressione del calcestruzzo in esame mediante prove su carote come prescritto dalla norma **UNI EN 13791**. I metodi indiretti, dopo la calibrazione mediante prove su carote, possono essere impiegati:

3.2 singolarmente;

3.3 in combinazione con altri metodi indiretti;

3.4 in combinazione con altri metodi indiretti e diretti (carote).

Le curve di correlazione fornite a corredo delle apparecchiature di prova non risultano, nella generalità dei casi, del tutto adeguate, poiché il loro sviluppo è basato sull'uso di determinati tipi di calcestruzzo e su prefissate condizioni di prova. L'andamento della legge di correlazione può essere assunto predefinito per ciascun metodo di indagine, a meno di costanti che possono essere determinate utilizzando un campione di carote di adeguata numerosità, sottoposte a indagine non distruttiva prima della loro rottura. È, perciò, essenziale predisporre tavole di calibrazione per il tipo specifico di calcestruzzo da sottoporre a prova, utilizzando i risultati delle prove su carote portate a rottura dopo l'esecuzione sulle stesse di prove indirette oltre a quelle eseguite in opera nello stesso punto di estrazione della carota stessa.

È opportuno che le carote utilizzate per la calibrazione siano non meno di tre. I valori numerici delle costanti che precisano l'andamento delle leggi di correlazione possono essere ottenuti applicando tecniche di minimizzazione degli errori.

4.3.7 Determinazione di altre proprietà del calcestruzzo in opera: dimensioni e posizione delle armature e stima dello spessore del copriferro

La misurazione dello spessore del copriferro delle armature e l'individuazione delle barre di armatura può essere effettuata utilizzando dispositivi denominati *misuratori di ricoprimento* o *pacometri*.

4.3.7.1 Stima della resistenza del calcestruzzo in opera

La resistenza dei provini estratti per carotaggio generalmente è inferiore a quella dei provini prelevati e preparati nel corso della messa in opera del calcestruzzo e stagionati in condizioni standard.

Le Nuove norme tecniche per le costruzioni hanno quantificato l'entità di tale differenza, riconducibile alle caratteristiche del materiale, alle modalità di posa in opera, di stagionatura e di esposizione, ritenendo accettabile un calcestruzzo il cui valore medio di resistenza a compressione ($R_{opera,m}$), determinato con tecniche opportune (carotaggi e/o controlli non distruttivi), sia almeno superiore all'85% del valore medio della resistenza di progetto $R_{progetto,cm}$:

$$R_{opera, m} \geq 0,85 R_{progetto,cm} \text{ N/mm}^2$$

Alla necessità di effettuare correttamente la stima delle condizioni al contorno, caratteristiche di ciascuna opera, e di garantire adeguatamente la normalizzazione delle procedure di prova, indispensabili per la riproducibilità e la ripetibilità dei risultati sperimentali, si aggiunge l'esigenza di definire correttamente il valore, indicato dalle Norme tecniche, da assumere per la resistenza media di progetto $R_{progetto,cm}$.

Il controllo della resistenza del calcestruzzo in opera deve essere eseguito in conformità alla norma **UNI EN 13791**, che stabilisce il passaggio dalla resistenza caratteristica cubica di progetto R_{ck} alla resistenza caratteristica cilindrica di progetto f_{ck} , con la seguente relazione:

$$f_{ck} = 0,85 R_{ck} \text{ N/mm}^2$$

Al punto 6, tabella 1, della stessa norma, sono riportati per ciascuna classe di resistenza i valori caratteristici minimi accettabili. La $R_{opera,ck}$ deve essere determinata secondo il punto 7 della stessa norma **UNI EN 13791** che prevede un controllo di tipo statistico nel caso che la numerosità dei prelievi sia maggiore di 15 (Approccio A, p. 7.3.2) e un controllo alternativo nel caso di una minore numerosità dei prelievi (Approccio B, p. 7.3.3.); in sintesi si dovrà confrontare:

$$R_{opera,ck} \geq 0,85 R_{progetto,ck} \text{ N/mm}^2$$

Il rapporto di valutazione della resistenza calcestruzzo in opera deve essere conforme al punto 10 della norma **UNI EN 13791**.

4.3.7.2 La non conformità dei controlli d'accettazione

Le indagini per la valutazione del calcestruzzo in opera, in caso di non conformità dei controlli d'accettazione dovranno rispettare i criteri previsti dal paragrafo 9 della norma **UNI EN 13791**:

1) In una regione di prova comprendente diversi lotti di calcestruzzo con 15 o più risultati di prove su carote, se:

$$f_{opera,m} \geq 0,85 (f_{progetto,ck} + 1,48 s)$$

e

$$f_{opera,min} \geq 0,85 (f_{progetto,ck} - 4)$$

dove

$f_{progetto,ck}$ = resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo prevista in progetto

$f_{opera,m}$ = valore medio delle resistenza a compressione delle carote

$f_{opera,min}$ = valore minimo di resistenza a compressione delle carote

s = scarto quadratico medio dei risultati sperimentali. Se il valore di s è minore di 2,00 N/mm² si assume pari a 2,00 N/mm².

Il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di resistenza sufficiente e conforme alla EN 206-1.

2) In alternativa, previo accordo tra le parti, qualora fossero disponibili 15 o più risultati di prove indirette e i risultati di almeno 2 carote prelevate da elementi strutturali, per i quali i risultati sui campioni convenzionali avevano fornito valori di resistenza più bassi, se:

$$f_{opera,min} \geq 0,85 (f_{progetto,ck} - 4)$$

il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di adeguata resistenza.

3) In una piccola regione di prova contenente pochi lotti di calcestruzzo, al limite uno, il direttore dei lavori deve ricorrere all'esperienza per selezionare l'ubicazione dei 2 punti di prelievo delle carote e se:

$$f_{opera,min} \geq 0,85 (f_{progetto,ck} - 4)$$

il calcestruzzo della regione di prova può essere considerato di adeguata resistenza. Se la regione di prova è ritenuta contenente calcestruzzo di resistenza adeguata, è conforme anche la popolazione calcestruzzo al quale è riferito il controllo.

4.4 Art. 34. Prove di carico sui pali di fondazione

4.4.1 Prove di verifica in corso d'opera

Sui pali di fondazione devono essere eseguite prove di carico statiche di verifica per:

- 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.

Tali prove devono essere spinte a 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.

Le prove di carico dovranno essere eseguite da un laboratorio ufficiale, in contraddittorio con l'impresa esecutrice.

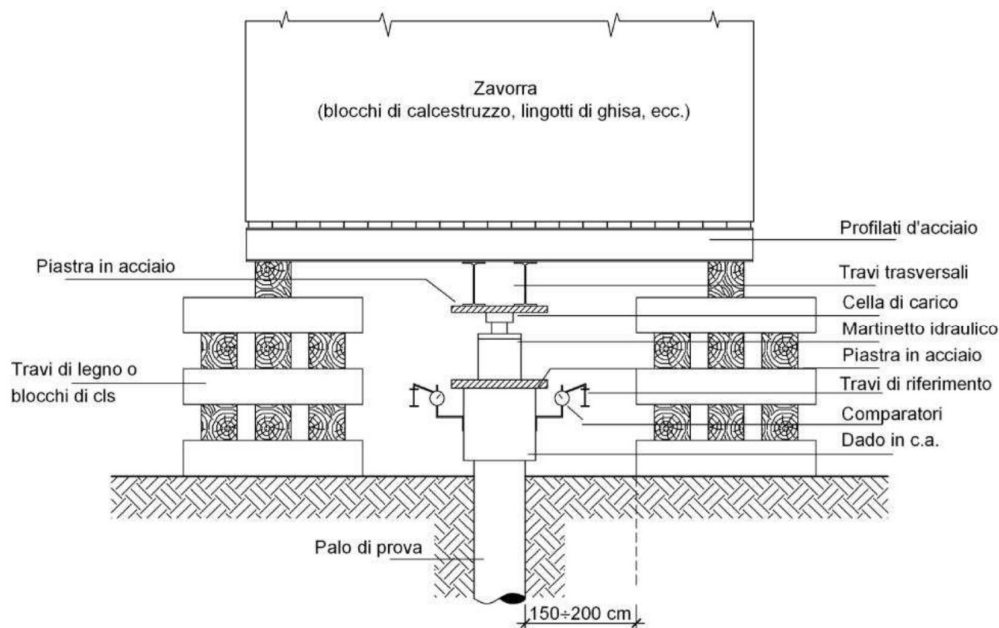
La direzione dei lavori dovrà, in contraddittorio con l'impresa, stabilire in anticipo su quali pali operare la prova di carico, ai fini dei controlli esecutivi. Per nessun motivo il palo potrà essere caricato prima dell'inizio della prova, che potrà essere effettuata solo quando sia trascorso il tempo sufficiente perché il palo abbia raggiunto la stagionatura prescritta per il calcestruzzo.

4.4.1.1 Preparazione dei pali da sottoporre a prova

L'appaltatore ha l'onere della preparazione dei pali da sottoporre a prova di carico mediante la regolarizzazione della testa previa scapitozzatura del calcestruzzo e messa a nudo del fusto per un tratto di ≈ 50 cm. Successivamente, sul palo deve essere realizzato un dado di calcestruzzo armato, di sezione maggiore di quella del palo, per l'appoggio del martinetto. L'esecuzione della prova deve avere inizio dopo la stagionatura del calcestruzzo, per evitare eventuali deformazioni plastiche durante l'applicazione del carico.

L'appaltatore ha anche l'onere di predisporre la struttura di contrasto per l'esecuzione della prova di carico, secondo le indicazioni del laboratorio ufficiale incaricato.

Per la prova di carico verticale, la struttura di contrasto per il martinetto idraulico e il palo deve essere costituita da un cassone zavorrato. Le basi di appoggio del cassone devono essere sufficientemente distanti dal palo di prova (preferibilmente 2 m) per evitare spinte passive sul palo da parte del terreno caricato dagli appoggi.



Schema di applicazione del carico di prova su palo di fondazione con cassone zavorrato

4.4.2 Prove di carico verticali

Le prove di carico verticali permettono di misurare gli abbassamenti prodotti dall'applicazione di un carico verticale sulla testa del palo. I risultati ottenuti si riferiscono, nella gran parte dei casi, ai cedimenti istantanei della testa del palo, pertanto la prova deve essere limitata nel tempo dallo stabilizzarsi dei valori rilevati.

La direzione dei lavori deve individuare il numero e l'ubicazione dei pali da sottoporre a prova in conformità ai limiti stabiliti dalle Nuove norme tecniche per le costruzioni.

I pali soggetti a prova di carico assiale, a discrezione della direzione dei lavori, potranno essere sottoposti anche a controlli non distruttivi.

La determinazione del carico limite deve essere ottenuta impiegando almeno tre metodi:

- metodo Davisson;
- metodo Chin;
- metodo Brinch Hansen.

4.4.2.1 Presentazione dei risultati

I risultati della prova di carico su palo di fondazione devono essere presentati con i seguenti diagrammi:

- 3.4 carico/cedimento;
- 3.5 tempo/carico;
- 3.6 tempo/cedimento.

Ai suddetti diagrammi si aggiunge la relazione di accompagnamento del laboratorio ufficiale che ha eseguito la prova di carico.

4.4.2.2 Verbale di prova di carico su palo di fondazione

Il verbale di prova di carico su pali di fondazione deve contenere i seguenti dati:

- 3.5 individuazione e caratteristiche costruttive delle opere;
- 3.6 data e ora della prova;
- 3.7 localizzazione del palo su cui è stata effettuata la prova di carico;
- 3.8 descrizione della struttura di prova (struttura di contrasto, di sostegno laterale, travi portamicrometri, martinetti, celle di carico, ecc.);

- 3.9 descrizione dell'eventuale strumentazione collocata all'interno del palo;
- 3.10 curve di taratura degli strumenti utilizzati;
- 3.11 grafici e tabelle per la visualizzazione dei risultati della prova.

4.5 Art. 35. Controlli d'integrità dei pali di fondazione

4.5.1 Criteri generali

In tutti i casi in cui la qualità dei pali dipenda in misura significativa dai procedimenti esecutivi e dalle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, devono essere effettuati dei controlli di integrità diretti a verificare almeno:

- 3. la lunghezza;
- 4. la sezione trasversale;
- 5. la discontinuità.

Il controllo dell'integrità, da effettuarsi con prove dirette o indirette di comprovata validità, deve interessare almeno il 5% dei pali della fondazione con un minimo di due pali.

Nel caso di gruppi di pali di grande diametro ($d \geq 80$ cm), il controllo dell'integrità deve essere effettuato su tutti i pali di ciascun gruppo se i pali del gruppo sono in numero inferiore o uguale a quattro.

I controlli di integrità dovranno essere eseguiti da un laboratorio ufficiale, in contraddittorio con l'impresa esecutrice. Sui pali con riscontrati difetti esecutivi dovranno essere eseguiti ulteriori controlli (anche distruttivi) per le successive determinazioni della stazione appaltante.

4.5.2 Prove di eco sonico

La prova di eco sonico (o della risposta impulsiva) è una prova a basse deformazioni che deve essere impiegata per verificare la continuità o eventuali anomalie del palo (variazioni di sezioni, cavità, interruzioni, giunzioni di prefabbricati non eseguite correttamente, ecc.).

Il controllo è applicabile a pali di fondazione isolati (specialmente di tipo prefabbricato e battuto) e a pali trivellati in terreni coerenti.

La prova consiste nel sollecitare la testa del palo - resa libera allo scopo svincolandola dalle strutture di fondazione (travi, plinti, platee, solette) o dal magrone - con una forza impulsiva assiale tale da provocare onde di compressione assiale, mediante l'impiego di un martello in nylon, valutando la risposta in termini di velocità o spostamento nel tempo. Il segnale di risposta o segnale riflesso, rilevato mediante un accelerometro posizionato anch'esso sulla testa del palo, viene depurato da eventuali componenti estranee e opportunamente amplificato per meglio interpretare i segnali di eco.

La lunghezza del palo oggetto di controllo o la distanza di una discontinuità dalla testa del palo stesso, è determinata dalla relazione:

$$2L = t \cdot$$

V dove

L = lunghezza del palo

V = velocità delle onde longitudinali all'interno del calcestruzzo

t = tempo di ritardo rispetto all'istante in cui l'impulso viene trasmesso al palo.

4.5.3 Prova di ammettenza meccanica verticale

La prova di ammettenza meccanica verticale è una prova a basse deformazioni che consente di verificare la geometria del palo (lunghezza, variazioni della sezione, ecc.), il vincolo d'interfaccia laterale e il grado di incastro alla base, nonché la rigidezza elastica del sistema palo terreno.

La prova utilizza tecniche di sollecitazione dinamica applicate alla testa del palo, che dovrebbe essere libera e accessibile.

4.5.4 Metodo Cross-hole

Per l'esecuzione del controllo cross-hole devono essere inseriti nei pali indicati dalla direzione dei lavori o dal progetto esecutivo, prima del getto di calcestruzzo, un certo numero di tubi metallici o in materiale plastico pesante (3÷4 per pali di grosso diametro) del diametro interno minimo di 35÷42 mm e di lunghezza pari a quella del palo, fissati alla gabbia dell'armatura metallica in modo che risultino opportunamente distanti e paralleli e in posizione verticale. I tubi di plastica non devono subire danneggiamenti durante la collocazione della gabbia d'armatura e durante il getto di calcestruzzo, per non pregiudicare il controllo.

Il direttore dei lavori ha facoltà di eseguire la prova in pali già realizzati ma con tubi non predisposti, realizzando i fori mediante carotaggio meccanico.

Con metodo cross-hole è possibile indagare soltanto la porzione di calcestruzzo compresa tra le due sonde. Le informazioni che si ottengono riguardano le caratteristiche del getto di calcestruzzo; in particolare, la presenza di fratture, vuoti, strutture a nido d'ape, inclusioni di terreno, variazioni nette di qualità del calcestruzzo, ecc.

4.5.5 Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio deve essere eseguito con utensili e attrezzature tali da garantire la verticalità del foro e consentire il prelievo continuo allo stato indisturbato del conglomerato e, se richiesto, del sedime d'imposta.

Allo scopo devono essere impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a 60 mm.

Nel corso della perforazione devono essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione e il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio e le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento.

Su alcuni spezzoni di carota devono essere eseguite anche prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisico-meccaniche e chimiche del calcestruzzo rispetto alle prescrizioni contrattuali.

Al termine del carotaggio, si deve provvedere a riempire il foro mediante boiacca di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio deve essere eseguito da un laboratorio ufficiale, quando richiesto dalla direzione dei lavori, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente capitolato.

4.5.6 Scavi attorno al fusto del palo

Verranno richiesti ogni qualvolta si nutrano dubbi sulla verticalità e regolarità della sezione nell'ambito dei primi 4-5 m di palo di fondazione.

Il fusto del palo dovrà essere messo a nudo e pulito con un violento getto d'acqua e reso accessibile all'ispezione visiva.

Successivamente si provvederà a riempire lo scavo con materiali e modalità di costipamento tali da garantire il ripristino della situazione primitiva.

Tali operazioni saranno eseguite, a cura e spese dell'impresa, in corrispondenza di quei pali ove si fossero manifestate inosservanze rispetto alle indicazioni riportate nel presente capitolato e alle disposizioni della direzione dei lavori.

5 NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE DEI LAVORI

5.1 Art. 36. Valutazione lavori a corpo e a misura

Per le opere o le provviste a corpo il prezzo convenuto è fisso e invariabile, senza che possa essere invocata dalle parti contraenti alcuna verifica sulla misura o sul valore attribuito alla qualità di dette opere o provviste. Per le opere appaltate a misura, la somma prevista nel contratto può variare, tanto in più quanto in meno, secondo la quantità effettiva di opere eseguite.

5.2 Art. 37. Scavi

5.2.1 Scavi di sbancamento

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

Gli scavi di sbancamento generale saranno misurati a volume col metodo delle sezioni ragguagliate, basandosi sul piano quotato redatto all'inizio lavori e sui disegni di progetto.

Normalmente si considera come perimetro dello scavo la verticale sul filo esterno dei manufatti perimetrali.

In nessun caso verrà misurata la scarpata che viene data alle pareti dello scavo o eventuali maggiorazioni dettate dalla necessità di effettuare armature provvisorie, puntellazioni, ecc.

5.2.2 Scavi a sezione obbligata

Gli scavi a sezione obbligata verranno misurati esclusivamente sulla verticale del filo esterno dei manufatti, senza tenere conto dei maggiori volumi di scavo effettuati dall'appaltatore per proprie ragioni operative.

All'appaltatore non verranno pagati i volumi di scavo derivanti da maggiori sezioni rispetto a quelle progettuali, soprattutto se dipendenti da inidonea sbadacchiatura o armatura dello scavo stesso.

5.2.3 Scavi in presenza d'acqua

Si considerano scavi in presenza d'acqua soltanto quelli eseguiti in acqua a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque sorgive nei cavi, sia naturalmente sia dopo un parziale prosciugamento ottenuto con macchine o con l'apertura di canali di drenaggio.

Il volume di scavo eseguito in acqua, sino a una profondità non maggiore di 20 cm dal suo livello costante, verrà, perciò, considerato come scavo in presenza d'acqua, ma non come scavo subacqueo. Gli scavi subacquei saranno valutati con un sovrapprezzo in aggiunta agli scavi di fondazione, per tenere conto degli aggotamenti ed esaurimenti dell'acqua presente, con qualsiasi mezzo l'appaltatore ritenga opportuno eseguirli.

L'aggottamento delle acque di falda col sistema well-point sarà pagato come indicato nell'elenco prezzi con il relativo prezzo di elenco, comprensivo delle punte aspiranti, pompe, mano d'opera, trasporto, messa in opera tubi, fornitura di energia, manutenzione, guardiania, controllo e assistenza nelle 24 ore.

5.2.4 Oneri aggiunti per gli scavi

Oltre che per gli obblighi particolari emergenti dal presente articolo, con i prezzi d'elenco per gli scavi in genere l'appaltatore si deve ritenere compensato per i seguenti altri eventuali oneri:

3.8 il taglio di piante, l'estirpazione di ceppaie, radici, ecc.;

3.9 il taglio e lo scavo con qualsiasi mezzo delle materie sia asciutte sia bagnate, di qualsiasi consistenza e anche in presenza d'acqua;

3.10 i paleggi, l'innalzamento, il carico, il trasporto e lo scarico a rinterro o a rifiuto, entro i limiti previsti in elenco prezzi, la sistemazione delle materie di rifiuto, il deposito provvisorio e la successiva ripresa;

3.11 la regolazione delle scarpate o delle pareti, lo spianamento del fondo, la formazione di gradoni, attorno e sopra le condotte di acqua o altre condotte in genere e sopra le fognature o drenaggi, secondo le sagome definitive di progetto esecutivo;

3.12 le puntellature, le sbadacchiature e le armature di qualsiasi importanza e genere secondo tutte le prescrizioni contenute nel presente capitolato speciale d'appalto, compresi le composizioni, le scomposizioni, le estrazioni e l'allontanamento, nonché gli sfridi, i deterioramenti, le perdite parziali o totali del legname o dei ferri;

3.13 le impalcature, i ponti e le costruzioni provvisorie (occorrenti sia per il trasporto delle materie di scavo sia per la formazione di rilevati), i passaggi, gli attraversamenti, ecc.;

3.14 ogni altra spesa necessaria per l'esecuzione completa degli scavi.

Disfacimenti e ripristini di massicciate e pavimentazioni stradali

I disfacimenti e i ripristini delle massicciate e delle pavimentazioni devono essere valutati a metro quadrato, assumendo per la misura di tali lavori una larghezza pari a quella convenzionalmente stabilita per gli scavi, maggiorata di 30 cm. Devono essere dedotte le superfici corrispondenti a rotaie, bocchette, chiusini, soglie e quant'altro occupi una parte della superficie pavimentata.

Gli scavi in cassonetto per il ripristino delle massicciate devono essere valutati separatamente a metro cubo, considerando una larghezza di scavo pari a quella convenzionale sopra stabilita e la profondità effettiva del cassonetto ordinato dalla direzione dei lavori.

5.3 Art.38. Rilevati, rinterri e vespai

5.3.1 Rilevati

Il volume dei rilevati e dei rinterri deve essere determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate, in base a rilevamenti eseguiti come per gli scavi di sbancamento.

5.3.2 Rinterri

I rinterri di cavi a sezione ristretta saranno valutati a metro cubo per il loro volume effettivo misurato in opera. Nei prezzi di elenco sono previsti tutti gli oneri per il trasporto dei terreni da qualsiasi distanza e per gli eventuali indennizzi a cave di prestito.

5.3.3 Preparazione del piano di posa dei rilevati

La preparazione del piano di posa dei rilevati, compresi il taglio e l'asportazione di piante, arbusti, basso bosco, ceppai e vegetazione in genere, l'asportazione del terreno vegetale per uno spessore non inferiore a 30 cm (da computare nel calcolo dei volumi), il riempimento con idonei materiali dei vuoti lasciati dalle parti asportate, ecc. deve essere compensata per ogni metro quadrato di superficie preparata.

5.3.4 Riempimento con misto granulare. Vespai

Il riempimento con misto granulare a ridosso delle murature per drenaggi, vespai, ecc., deve essere valutato a metro cubo per il suo volume effettivo misurato in opera.

5.4 Art. 39. Noleggi

Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

È a carico esclusivo dell'appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine.

Il prezzo comprende gli oneri relativi alla mano d'opera, al combustibile, ai lubrificanti, ai materiali di consumo, all'energia elettrica e a tutto quanto occorre per il funzionamento delle macchine.

I prezzi di noleggio di meccanismi, in genere, si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione del committente e, cioè, anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo stabilito per meccanismi in funzione soltanto alle ore in cui essi sono in attività di lavoro. In ogni altra condizione di cose, si applica il prezzo stabilito per meccanismi in riposo, anche durante il tempo impiegato per scaldare i meccanismi, portandoli a regime.

Nel prezzo del noleggio sono compresi e compensati gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio e allontanamento dei detti meccanismi.

Per il noleggio dei carri e degli autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro.

5.5 Art. 40. Manodopera

Gli operai per l'esecuzione dei lavori in economia dovranno essere idonei al lavoro per il quale sono richiesti e dovranno essere provvisti dei necessari attrezzi.

5.6 Art. 41. Trasporti

Con i prezzi dei trasporti si intende compensata anche la spesa per i materiali di consumo, la mano d'opera del conducente e ogni altra spesa occorrente.

I mezzi di trasporto per i lavori in economia devono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

La valutazione delle materie da trasportare deve avvenire, a seconda dei casi, a volume o a peso, con riferimento alla distanza.

6 MODALITA' DI ESECUZIONE – NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE –	
LAVORI STRADALI	139
6.0 Premessa.....	139
6.1 Operazioni preliminari all'esecuzione dei lavori	139
6.2 Movimenti di terra.....	139
6.3 Demolizioni	148
6.4 Demolizione pavimentazioni	148
6.5 Demolizione di pavimentazione in conglomerato bituminoso.....	148
6.5.1 Demolizione di pavimentazione mediante frese	
6.5.2 Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali	
6.6 Drenaggi.....	150
6.6.1 Drenaggi tradizionali	
6.6.2 Drenaggi a tergo di murature	
6.6.3 Drenaggi con filtro in geotessile non tessuto	
6.6.4 Drenaggi longitudinali con riempimento in conglomerato cementizio poroso	
6.6.5 Drenaggi delle cunette in trincea	
6.7 Preparazione del piano di posa alla fondazione stradale o ai trattamenti bituminosi	153
6.8 Fondazione stradale.....	153
6.8.1 In misto granulare stabilizzato (a legante naturale o a legante naturale corretto)	
6.8.2 Misto cementato	
6.9 Riciclaggi in sito ed all'impianto	158
6.9.1 Riciclaggio in sito del misto granulare con aggiunta di cemento e acqua.	
6.9.2 conglomerati bituminosi riciclati a freddo in sito con emulsione bituminosa modificata e con aggiunta di cemento per la formazione di strati di base	
6.9.3 riciclaggio a freddo in sito di materiali preesistenti con emulsione bituminosa modificata e con aggiunta di cemento per la formazione di strati di fondazione	
6.10 Conglomerati bituminosi	169
6.10.1 caratteristiche dei materiali da impiegare per la confezione dei conglomerati bituminosi. (a)	
6.10.2 composizione e caratteristiche dei conglomerati bituminosi. (b)	
6.10.3 accettazione delle miscele. (c)	
6.10.4 confezionamento delle miscele. (d)	
6.10.5 preparazione delle superfici di stesa. (e)	
6.10.6 posa in opera delle miscele. (f)	
6.10.7 controllo dei requisiti di accettazione. detrazioni. (g)	
6.10.8 norme di misurazione dei conglomerati bituminosi (h)	
6.11 Sistemazioni idrauliche	189

6.11.1 cunette e fossi di guardia (a)	
6.11.2 Caditoie stradali (b)	
6.11.3 Embrici (c)	
6.11.4 Tubazioni (d)	
6.11.5 Drenaggi (e)	
6.11.6 Geotessili (f)	
6.12 Opere in verde	194
6.12.1 Generalità	
6.12.2 Caratteristiche dei vari materiali	
6.12.3 Esecuzione dei lavori	
6.12.4 Manutenzione degli impianti e cure colturali	
6.13 Murature.....	204
6.13.1 Norme generali	
6.13.2 Murature di mattoni	
6.13.3 Murature di pietrame a secco	
6.13.4 Murature di pietrame e malta	
6.13.5 Muratura in pietra da taglio	
6.13.6 Muratura in pietrame e conglomerato cementizio	
6.14 Intonaci.....	208
6.14.1 Intonaci eseguiti a mano	
6.14.2 Intonaci eseguiti a spruzzo (gunite)	
6.14.3 Prove e controlli di laboratorio	
6.15 Tinteggiature e verniciature	210
6.15.1 Norme generali	
6.15.2 Tinteggiatura	
6.15.3 Verniciatura di pareti in muratura	
6.15.4 Verniciature di strutture in acciaio	
6.15.5 Verniciature di opere in legno	
6.16 Barriere stradali	216
6.16.1 Premessa	
6.16.2 Barriere metalliche	
6.16.3 Barriere prefabbricate a profilo New Jersey	
6.17 Segnaletica verticale.....	225
6.17.1 Premessa	
6.17.2 Produzione	
6.17.3 Costruzione dei segnali	
6.17.4 Costruzione delle strutture	

6.17.5	Posa in opera	
6.17.6	Rettifiche e rimozione	
6.17.7	Indicazioni progettuali specifiche	
6.17.8	Certificazioni e prove	
6.17.9	Penali	
6.17.10	Garanzie di durata	
6.17.11	Norme per la misurazione e valutazione dei lavori	
6.17.12	Delineatori stradali	
6.18	Segnaletica orizzontale	244
6.18.1	Premessa	
6.18.2	Classificazione dei materiali per segnaletica orizzontale	
6.18.3	Caratteristiche dei materiali	
6.18.4	Controlli standard prestazionali dei materiali	
6.18.5	Esecuzione dei lavori	
6.18.6	Penali	
6.19	Impermeabilizzazione di opere d'arte.....	252
6.19.1	Norme Generali	
6.19.2	Manto con membrana elastica continua in materiale epossipoliuretanico	
6.19.3	Manto con cappa di mastice di asfalto	
6.19.4	Manto con bitume modificato con elastomeri ed armato con TNT	
6.19.5	Manto con guaine preformate in bitumi modificati con elastomeri ed armato con TNT	
6.19.6	Manto con cartongfeltro bitumato	
6.19.7	Manto con membrane prefabbricate a base bituminosa	
6.19.8	Manto con fogli di PVC o di gomma sintetica	
6.19.9	Manto con fogli di PVC e coibentazione in pannelli di poliuretano espanso	
6.19.10	Impermeabilizzazioni vasche	

6 MODALITA' DI ESECUZIONE – NORME PER LA MISURAZIONE E LA VALUTAZIONE – LAVORI STRADALI

6.0 PREMESSA

Forma parte integrante del contratto di appalto disciplinato dalle presenti Norme Tecniche la dichiarazione dell'Impresa di avere preso conoscenza del progetto esecutivo dei lavori oggetto dell'appalto e, in particolare, dei progetti esecutivi delle opere d'arte predisposti dalla Direzione Lavori, di aver fatto verificare i calcoli statici, di concordare sui risultati finali e di riconoscere quindi i progetti stessi perfettamente realizzabili e di assumere infine piena ed intera responsabilità della loro esecuzione.

L'Impresa dovrà comunque eseguire le opere in ottemperanza alle Leggi, ai regolamenti vigenti ed alle prescrizioni delle competenti autorità in materia di lavori pubblici e di tutela ambientale.

Pertanto, ferma restando ogni altra responsabilità dell'Impresa a termini di legge, essa rimane unica e completa responsabile della esecuzione delle opere.

6.1 OPERAZIONI PRELIMINARI ALL'ESECUZIONE DEI LAVORI

Prima di porre mano ai lavori di sterro e riporto, l'Impresa è obbligata ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, alla inclinazione delle scarpate, alla formazione delle cunette. A suo tempo dovrà pure installare, nei tratti che indicherà la Direzione Lavori, le modine necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate, tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelle manomesse durante la esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie, l'Impresa dovrà procedere al tracciamento di esse, con l'obbligo della conservazione dei picchetti, ed eventualmente delle modine, come per i lavori di terra.

L'Impresa, prima di dare inizio ad altri lavori, dovrà provvedere al taglio delle piante, all'estirpazione di arbusti, radici, ceppaie, all'abbattimento di recinzioni, muri a secco ed altri impedimenti ed al loro trasporto a discarica autorizzata per il successivo smaltimento.

Per motivi di rispetto dell'ambiente, la Direzione dei Lavori potrà prescrivere che in corrispondenza di taluni manufatti tale sgombero sia limitato alle sole aree su cui insistono le fondazioni, oppure fissare di volta in volta altri limiti.

6.2 MOVIMENTI DI TERRA

Scavi e rilevati in genere.

Gli scavi ed i rilevati occorrenti per la formazione di cunette, accessi, passaggi e rampe, cassonetti e simili, nonché per l'impianto di opere d'arte, saranno eseguiti nelle forme e dimensioni risultanti dai relativi disegni salvo le eventuali variazioni che l'Amministrazione appaltante è in facoltà di adottare all'atto esecutivo, restando a completo carico dell'Impresa ogni onere proprio di tali generi di lavori, non escluso quello di eventuali sbadacchiature e puntellature, essendosi di tutto tenuto conto nel fissare i corrispondenti prezzi unitari.

Nel caso che, a giudizio della Direzione dei Lavori, le condizioni nelle quali i lavori si svolgono lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie, essendo gli oneri relativi compensati nei prezzi contrattuali.

CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE - TABELLA C.N.R. - UNI 10006

Classificazione generale	Terzo gruppo - eccellente					Terzo gruppo - buona					Terzo gruppo - sufficiente					Totale e terzi regolamentati
	Fratture perpendicolari al terreno (UNI 2132) - 30%		Fratture parallele al terreno (UNI 2132) - 30%		Fratture perpendicolari al terreno (UNI 2132) - 30%		Fratture parallele al terreno (UNI 2132) - 30%		Fratture perpendicolari al terreno (UNI 2132) - 30%		Fratture parallele al terreno (UNI 2132) - 30%					
Gruppo	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A1-7	A1-8	A1-9	A1-10	A1-11	A1-12	A1-13	A1-14		
Struttura	A1-1	A1-2	A1-3	A1-4	A1-5	A1-6	A									

Dovrà essere usata ogni cura nel sagomare esattamente i fossi, nell'appianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli della strada.

Le scarpate di tagli e rilevati saranno eseguite con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno, e, comunque, a seconda delle prescrizioni che saranno eventualmente comunicate dalla Direzione dei Lavori mediante ordini scritti.

Per gli accertamenti relativi alla determinazione della natura delle terre, del grado di costipamento e del contenuto di umidità di esse, l'Impresa dovrà provvedere a tutte le prove necessarie ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, che verranno fatte eseguire a spese dell'Impresa dalla Direzione dei Lavori presso Laboratori ufficiali.

Le terre verranno caratterizzate e classificate secondo le Norme C.N.R.- U.N.I. 10006/1963 riportate nella Tabella sopra riportata.

Nell'esecuzione sia degli scavi che dei rilevati l'Impresa è tenuta ad effettuare a propria cura e spese l'estirpamento di piante, arbusti e relative radici esistenti sia sui terreni da scavare che su quelli destinati all'impianto dei rilevati, nonché, in questo ultimo caso, al riempimento delle buche effettuate in dipendenza dell'estirpamento delle radici e delle piante, che dovrà essere effettuato con materiale idoneo messo in opera a strati di conveniente spessore e costipato. Tali oneri si intendono compensati con i prezzi di elenco relativi ai movimenti di materie.

La Direzione Lavori, in relazione alla natura dei terreni di posa dei rilevati o delle fondazioni stradali in trincea, potrà ordinare l'adozione di provvedimenti atti a prevenire la contaminazione dei materiali d'apporto e fra questi provvedimenti la fornitura e la posa in opera di teli "geotessili" aventi le caratteristiche indicate nell'Art. 1).

A) FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DEI RILEVATI

Immediatamente prima della costruzione del rilevato, l'impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

Ogni qualvolta i rilevati debbano poggiare su declivi con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità del progetto il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, ultimata l'asportazione del terreno vegetale, fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si deve procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa dei rilevati con superfici di appoggio eventualmente in leggera pendenza. Per la continuità spaziale delle gradonature si deve curare, inoltre, che le alzate verticali si corrispondano, mantenendo costante la loro distanza dall'asse stradale.

Inoltre, le gradonature debbono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine per lo scavo. In corrispondenza di allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale addossare il nuovo materiale, deve essere ritagliato a gradoni orizzontali,

avendo cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di alzata non superiore a 50 cm) la stesa ed il costipamento del corrispondente strato di ampliamento di pari altezza.

L'operazione di gradonatura deve essere sempre preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale e deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento, per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'impresa.

Tali piani avranno l'estensione dell'intera area di appoggio e potranno essere continui od opportunamente gradonati secondo i profili e le indicazioni che saranno dati dalla Direzione dei Lavori in relazione alle pendenze dei siti d'impianto.

I piani suddetti saranno stabiliti di norma alla quota di cm 20 al di sotto del piano di campagna e saranno ottenuti praticando i necessari scavi di sbancamento tenuto conto della natura e

consistenza delle formazioni costituenti i siti d'impianto, preventivamente accertate anche con l'ausilio di prove di portanza.

Quando alla suddetta quota si rinvenivano terreni appartenenti ai gruppi A1, A2, A3 (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006) la preparazione dei piani di posa consisterà nella compattazione di uno strato sottostante il piano di posa stesso per uno spessore non inferiore a cm 30, in modo da raggiungere una densità secca pari almeno al 95% della densità massima AASHO modificata determinata in laboratorio, modificando il grado di umidità delle terre fino a raggiungere il grado di umidità ottima prima di eseguire il compattamento.

Quando invece i terreni rinvenuti alla quota di cm 20 al di sotto del piano di campagna appartengono ai gruppi A4, A5, A6, A7 (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006/1963), la Direzione dei Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, l'approfondimento degli scavi per sostituire i materiali in loco con materiale per la formazione dei rilevati appartenente ai gruppi A1 e A3.

Tale materiale dovrà essere compattato, al grado di umidità ottima, fino a raggiungere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima AASHO modificata.

La terra vegetale risultante dagli scavi di splateamento di norma dovrà essere accumulata lateralmente fuori sede, per essere utilizzata nel rivestimento delle scarpate.

È categoricamente vietata la messa in opera di tale terra per la costituzione dei rilevati.

Circa i mezzi costipanti e l'uso di essi si fa riferimento a quanto specificato nei riguardi del costipamento dei rilevati.

Nei terreni in sito particolarmente sensibili all'azione delle acque, occorrerà tener conto dell'altezza di falda delle acque sotterranee e predisporre, per livelli di falda molto superficiali, opportuni drenaggi; questa lavorazione verrà compensata con i relativi prezzi di elenco.

Quando siano prevedibili cedimenti eccedenti i 15 cm dei piani di posa dei rilevati cedevoli l'Impresa deve prevedere nel piano dettagliato un programma per il loro controllo ed il monitoraggio per l'evoluzione nel tempo. La posa in opera delle apparecchiature necessarie (piastre assestometriche) e le misurazioni dei cedimenti sono eseguite a cura dell'Impresa, secondo le indicazioni della Direzione dei lavori.

La costruzione del rilevato deve essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo ancora da scontare, al termine della sua costruzione, risulti inferiore al 10% del cedimento totale stimato e comunque minore di 5 cm.

L'impresa è tenuta a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento delle quote di progetto, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, senza per ciò chiedere compensi aggiuntivi. In caso di appoggio di nuovi a vecchi rilevati per l'ampliamento degli stessi, la preparazione del piano di posa in corrispondenza delle scarpate esistenti sarà fatta procedendo alla gradonatura di esse mediante la formazione di gradoni di altezza non inferiore a cm 50, previa rimozione della cotica erbosa che potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate, portando il sovrappiù a scarico a cura e spese dell'Impresa.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della cotica sarà accantonato, se idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Si procederà quindi al riempimento dei gradoni con il predetto materiale scavato ed accantonato, se idoneo, o con altro idoneo delle stesse caratteristiche richieste per i materiali dei rilevati con le stesse modalità per la posa in opera, compresa la compattazione.

Comunque la Direzione dei Lavori si riserva di controllare il comportamento globale dei piani di posa dei rilevati mediante la misurazione del modulo di compressibilità ME determinato con piastra da 30 cm di diametro (Norme svizzere VSS-SNV 670317).

$$\text{Il valore di } M_k = f_0 \times \frac{\Delta_p}{\Delta_s} \times D \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

(Dove:

f_0 = fattore di forma della ripartizione del costipamento; per le piastre circolari = 1;

Δ_p = differenza tra i pesi riferiti ai singoli intervalli di carico in Mpa;

D = diametro della piastra in mm;

Δ_s = differenza dello spostamento in mm della piastra di carico, circolare, rigida, corrispondente a p;

p = peso riferito al carico trasmesso al suolo dalla piastra in Mpa)

misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,05 e 0,15 Mpa, non dovrà essere inferiore a 15 Mpa.

B) FORMAZIONE DEI PIANI DI POSA DELLE FONDAZIONI STRADALI IN TRINCEA

Anche nei tratti in trincea, dopo aver effettuato lo scavo del cassonetto si dovrà provvedere alla preparazione del piano di posa della sovrastruttura stradale, che verrà eseguita, a seconda della natura del terreno, in base alle seguenti lavorazioni:

1) quando il terreno appartiene ai gruppi A1, A2, A3 (classifica C.N.R. -U.N.I. 10006) si procederà alla compattazione dello strato di sottofondo che dovrà raggiungere in ogni caso una densità secca almeno del 95% della densità di riferimento, per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di cassonetto;

2) quando il terreno appartiene ai gruppi A4, A5, A6, A7, A8 (classifica C.N.R. - U.N.I. 10006) la Direzione dei Lavori potrà ordinare, a suo insindacabile giudizio, la sostituzione del terreno stesso con materiale arido per una profondità al di sotto del piano di cassonetto, che verrà stabilita secondo i casi, mediante apposito ordine di servizio dalla Direzione dei Lavori.

Per la preparazione del piano di posa si dovrà raggiungere una densità secca almeno del 95% di quella di riferimento per uno spessore di cm 30 al di sotto del piano di cassonetto.

Il comportamento globale dei cassonetti in trincea potrà essere controllato dalla Direzione dei Lavori mediante la misurazione del modulo di compressibilità ME il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 0,25 Mpa, non dovrà essere inferiore a 50 Mpa.

C) FORMAZIONE DEI RILEVATI

I rilevati saranno eseguiti con le esatte forme e dimensioni indicate nei disegni di progetto, ma non dovranno superare la quota del piano di appoggio della fondazione stradale.

Nella formazione dei rilevati potranno essere impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o provenienti da smarino di galleria appartenenti ad uno dei seguenti gruppi A1, A2, A3 della classifica C.N.R. -U.N.I. 10006/1963, con l'avvertenza che l'ultimo strato del rilevato sottostante la fondazione stradale, per uno spessore non inferiore a m 0,80 costipato, dovrà essere costituito da terre dei gruppi A1, A2-4, A2-5 A3 se reperibili negli scavi; altrimenti deciderà la Direzione dei Lavori se ordinare l'esecuzione di tale ultimo strato con materiale di altri gruppi provenienti dagli scavi o con materie dei predetti gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 da prelevarsi in cava di prestito debitamente autorizzate ai sensi delle vigenti disposizioni legislative. Per i materiali di scavo provenienti da tagli in roccia da portare in rilevato, se di natura ritenuta idonea dalla Direzione dei Lavori, dovrà provvedersi mediante riduzione ad elementi di pezzatura massima non superiore a cm 20. Tali elementi rocciosi dovranno essere distribuiti uniformemente nella massa del rilevato e non potranno essere impiegati per la formazione dello strato superiore del rilevato per uno spessore di cm. 30 al di sotto del piano di posa della fondazione stradale.

Per quanto riguarda il materiale proveniente da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A4, A5, A6, A7 si esaminerà di volta in volta l'eventualità di portarlo a rifiuto nelle discariche autorizzate ovvero di utilizzarlo.

Le materie di scavo, provenienti da tagli stradali o da qualsiasi altro lavoro che risultassero esuberanti o non idonee per la formazione dei rilevati o riempimento dei cavi, dovranno essere trasportate per il successivo smaltimento nelle suddette discariche autorizzate.

Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera a strati di uniforme spessore, di norma non eccedente cm 50.

Il rilevato per tutta la sua altezza dovrà presentare i requisiti di densità riferita alla densità massima secca AASHO modificata non inferiore al 90% negli strati inferiori ed al 95% in quello superiore (ultimi 30 cm).

Inoltre per tale ultimo strato, che costituirà il piano di posa della fondazione stradale in misto granulare stabilizzato con legante naturale, dovrà ottenersi un modulo di compressibilità ME definito dalle Norme Svizzere (SNV 670317), il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico e nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 0,25 Mpa, non dovrà essere inferiore a 50 Mpa.

Ogni strato sarà costipato alla densità sopra specificata procedendo alla preventiva essiccazione del materiale se troppo umido, oppure al suo inaffiamento, se troppo secco, in modo da conseguire una umidità non diversa da quella ottima predeterminata in laboratorio, ma sempre inferiore al limite di ritiro.

Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti.

La superficie finita dovrà presentarsi perfettamente liscia, e non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto (tolleranza 3 cm su un regolo di 3,00 metri).

Non si potrà sospendere la costruzione del rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione e senza che nell'ultimo strato sia stata raggiunta la densità prescritta. In adiacenza dei manufatti, che di norma saranno costruiti prima della formazione dei rilevati, i materiali del rilevato dovranno essere del tipo A1, A2, A3 e costipati con energia dinamica di impatto. Il materiale dei rilevati potrà essere messo in opera durante i periodi le cui condizioni meteorologiche siano tali, da non pregiudicare la buona riuscita del lavoro.

L'inclinazione da dare alle scarpate sarà quella di cui alle sezioni di norma allegate al progetto.

Man mano che si procede alla formazione dei rilevati, le relative scarpate saranno rivestite con materiale ricco di humus dello spessore compreso tra cm 20 e cm 30 proveniente dalle operazioni di scoticamento del piano di posa dei rilevati stessi o da cave di prestito, ed il rivestimento dovrà essere eseguito a cordoli orizzontali e da costiparsi con mezzi idonei in modo da assicurare una superficie regolare.

Inoltre le scarpate saranno perfettamente configurate e regolarizzate procedendo altresì alla perfetta profilatura dei cigli.

Se nei rilevati avvenissero dei cedimenti dovuti a trascuratezza delle buone norme esecutive, l'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarico, rinnovando, ove occorre, anche la sovrastruttura stradale.

Qualora si dovessero costruire dei rilevati non stradali (argini di contenimento), i materiali provenienti da cave di prestito debitamente autorizzate potranno essere solo dei tipi A6, A7. Restano ferme le precedenti disposizioni sulla compattazione.

In alcuni casi la Direzione Lavori potrà, al fine di migliorare la stabilità del corpo stradale, ordinare la fornitura e la posa in opera di teli "geotessili" in strisce contigue opportunamente sovrapposte nei bordi per almeno cm 40. Le caratteristiche di tale telo saranno conformi a quelle di cui all'art.1, tenendo presente che per tale caso particolare la resistenza a trazione del telo non dovrà essere inferiore a 1200 N/5 cm.

I riempimenti a tergo opere d'arte sono soggetti a tutte le norme di esecuzione dei rilevati, con l'onere particolare della pilonatura, in strati più sottili, anche con attrezzo individuale, dove le sezioni sono ristrette e potranno essere eseguiti solo a completa stagionatura del calcestruzzo.

D) RILEVATO CON MATERIALI RICICLATI

Si considerano materiali riciclati quelli provenienti da attività di demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 febbraio 1998.

I materiali provenienti da attività di costruzione o demolizione sono prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, intonaci, allettamenti, materiali lapidei provenienti da cave autorizzate o da attività di taglio e lavorazione.

I materiali di scarto provenienti da processi industriali sono prevalentemente costituiti da scorie, loppe d'alto forno, esclusivamente di nuova produzione e, comunque, non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno. I materiali di riuso possono venire miscelati tra loro ed anche con terre naturali, in modo da favorirne il riutilizzo nelle costruzioni stradali con i conseguenti benefici economici ed ambientali.

I requisiti di accettazione degli inerti riciclati variano a seconda del campo di impiego distinguendosi:

- impiego nello strato di sottofondo, fino alla profondità di circa 0,50 m a partire dal piano di posa della sovrastruttura;
- impiego per strati di rilevato, per bonifiche del piano di posa e similari.

Per le miscele a più largo spettro, provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, si applicano le seguenti tabelle:

Materiali per strato di sottofondo		
<i>Parametro</i>	<i>modalità di prova</i>	<i>Limiti</i>
Cls, mattoni e laterizi, intonaci, materiali litici, malte, ceramica	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>80% in massa
Vetro e scorie vetrose	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<10% in massa
Conglomerati bituminosi	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,2% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,4% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	< 15% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	C.N.R. 23/71	< 15% in massa
Indice di plasticità	C.N.R. UNI 10014	NP
Passante crivello 71 UNI	C.N.R. 23/71	100%
Passante setaccio 4 mm	C.N.R. 23/71	<60% in massa
Perdita Los Angeles	UNI EN 1097/2	<45
Rapporto fra passante setaccio 0,425 mm e 0,075 mm	C.N.R. 23/71	>1,5
Produzione finissimo per costipamento AASHO mod- nell'intervallo $\pm 2\%$ W_{OTT}	C.N.R. 69/78	Differenza $P_{0,075post} - P_{0,075ante} \leq 5\%$
Indice di forma (frazione > 4 mm)	C.N.R. 95/1984	<35
Indice di appiattimento (frazione > 4 mm)	C.N.R. 95/1984	<35

Materiali per corpo del rilevato		
<i>Parametro</i>	<i>modalità di prova</i>	<i>Limiti</i>
Cls, mattoni e laterizi, intonaci, materiali litici, malte, ceramica	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>70% in massa
Vetro e scorie vetrose	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Conglomerati bituminosi	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<25% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili,	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,3% in massa

cellulosa, residui alimentari)		
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,6% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	C.N.R. 23/71	<25% in massa
Indice di plasticità	C.N.R. UNI 10014	<6
Passante crivello 71 UM	C.N.R. 23/71	>85% in massa
Passante setaccio 4 mm	C.N.R. 23/71	<60% in massa
Dimensione massima	Misura diretta	< 140 mm
Trattenuto crivello 71 UNI*	Frantumazione	Assenza di vuoti interni
* Nota: in caso di presenza di mattoni forati, blocchi forati e simili, va eseguita la frantumazione per il riuso fino ad avere il 100% di passante al crivello 71 UNI.		

Per gli inerti provenienti prevalentemente da attività industriali, con reimpiego diretto di una specifica tipologia di scarti per il sottofondo e per il corpo del rilevato. Valgono invece le specificazioni riportate nelle Tabelle seguenti.

Ai fini dell'impiego nel corpo stradale, l'impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Scarti industriali per sottofondo		
Parametro	modalità di prova	Limiti
Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>80% in massa
Sfidi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4mm	<1 5% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,5% in massa
Indice di plasticità	C.N.R. UNI 10014	Non plastico
Perdita Los Angeles	UNI EN 1097/2	<45
Passante crivello 71 UNI	C.N.R. 23/71	100%
Passante setaccio 4 mm	C.N.R. 23/71	<60% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	C.N.R. 23/71	<20% in massa
Produzione finissimo per costipamento AASHO modificato - nell'intervallo $\pm 2\%$ W _{OTT}	C.N.R. 69/78	Differenza $P_{0,075post} - P_{0,075ante} \leq 5\%$
Scarti industriali per corpo rilevato		

<i>Parametro</i>	<i>modalità di prova</i>	<i>Limiti</i>
Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>70% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	separazione visiva su trattenuto setaccio 4mm	<20% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	< 1 % in massa
Passante crivello 71 UNI	C.N.R. 23/71	>85%
Passante setaccio 4 mm	C.N.R. 23/71	<60% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	C.N.R. 23/71	<25%
Dimensione massima D_{max}	UNI EN 933/1	140 mm
Indice di plasticità	C.N.R. UNI 10014	<4

Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. **Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del D.M. n° 72 del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802).**

Il contenuto totale di solfati e solfuri (norma EN 1744-1) deve essere < 1 per cento. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in c.a., tale valore deve essere < 0,5 per cento.

E) DISCARICHE E LUOGHI DI DEPOSITO

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti debbono essere portate a rifiuto nelle discariche autorizzate ed individuate in progetto, ovvero, nel rispetto delle leggi e dei regolamenti locali, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione del Direttore dei Lavori e degli Enti preposti alla tutela del territorio.

In linea generale i materiali idonei provenienti dagli scavi debbono essere utilizzati immediatamente, senza far ricorso a luoghi di deposito provvisori.

Nel caso in cui le materie provenienti dagli scavi dovessero essere temporaneamente accantonate, per essere utilizzate successivamente nei riempimenti di cavi, rinterri, ecc. esse possono essere depositate nell'ambito del cantiere o in luoghi tali da non provocare danni a persone e cose ed intralci al traffico nonché al libero deflusso delle acque.

I luoghi di deposito della terra vegetale da utilizzarsi per il ricoprimento delle scarpate e per la realizzazione di opere in verde, in particolare, debbono essere sistemati in modo da evitare venute e ristagni d'acqua, capaci di impedire l'ossigenazione della terra stessa. I cumuli di terra vegetale, disposti, con scarpate generalmente di 3/2.

6.3 DEMOLIZIONI

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, rimanendo perciò vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece dovranno essere trasportati o guidati salvo che vengano adottate opportune cautele per evitare danni ed escludere qualunque pericolo.

Le demolizioni dovranno essere effettuate con la dovuta cautela per impedire danneggiamenti alle strutture murarie di cui fanno parte e per non compromettere la continuità del transito, che in ogni caso deve essere costantemente mantenuto a cura e spese dell'Appaltatore, il quale deve, allo scopo, adottare tutti gli accorgimenti tecnici necessari con l'adozione di puntellature e sbadacchiature.

La Direzione dei Lavori si riserva di disporre l'impiego dei suddetti materiali utili per la esecuzione dei lavori appaltati, come stabilito nell'art. 52 C.S.A. parte I.

I materiali non utilizzati provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati alle discariche autorizzate od a reimpiego nei luoghi che verranno indicati dalla Direzione dei Lavori.

Gli oneri sopra specificati si intendono compresi e compensati nei relativi prezzi di elenco, con la sola esclusione degli eventuali costi di smaltimento che saranno a carico della Stazione Appaltante. Nell'esecuzione delle demolizioni è consentito anche l'uso delle mine, nel rispetto delle norme vigenti.

In particolare dovranno osservarsi i disposti del D.Lgs. 528/99 e successive modifiche ed integrazioni.

6.4 DEMOLIZIONE PAVIMENTAZIONI

Le demolizioni in genere saranno eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro, ed agli utenti della strada. Dovranno essere effettuate con la dovuta cautela per impedire danneggiamenti alla struttura del corpo stradale di cui fanno parte e per non compromettere la continuità del transito.

La Direzione dei Lavori si riserva di disporre, con una facoltà insindacabile, l'impiego dei suddetti materiali utili per la esecuzione dei lavori appaltati.

I materiali non utilizzati provenienti dalle demolizioni delle pavimentazioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati alle discariche autorizzate od a reimpiego nei luoghi che verranno indicati dalla Direzione dei Lavori.

Gli oneri sopra specificati si intendono compresi e compensati nei relativi prezzi di elenco, con la sola esclusione dei costi di smaltimento che saranno a carico della Stazione Appaltante; **prima del reimpiego tali materiali dovranno essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del D.M. n° 72 del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802).**

Nei casi di demolizione parziali prima di procedere nel lavoro si dovrà provvedere al taglio dei bordi della zona da demolire allo scopo di non danneggiare le parti limitrofe.

6.5 DEMOLIZIONE DI PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

La demolizione di pavimentazioni in conglomerato bituminoso può essere realizzata mediante specifiche attrezzature fresatrici o mediante attrezzature tradizionali polifunzionali.

6.5.1 Demolizione di pavimentazione mediante frese

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta. Su parere della Direzione Lavori potranno essere impiegate fresatrici a sistema misto (preriscaldamento leggero), purché non compromettano il legante esistente nella pavimentazione da demolire.

Le attrezzature tutte devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

Devono inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo a giudizio della Direzione Lavori per il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera.

L'Appaltatore si deve scrupolosamente attenere agli spessori ed alle larghezze di demolizione definiti dal progetto. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Appaltatore è tenuto a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori deve essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della demolizione deve essere mantenuto costante in tutti i punti e deve essere valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali, deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla Direzione Lavori, munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 15 cm, essa potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 15 cm si devono effettuare due passaggi, di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm di base per lato.

Le pareti dei giunti longitudinali devono risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature.

Sia la superficie risultante dalla fresatura che le pareti del cavo devono, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

6.5.2 Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali

La demolizione dell'intera sovrastruttura può anche essere eseguita con impiego di attrezzature tradizionali quali e-scavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della Direzione Lavori ed a suo insindacabile giudizio. Le pareti verticali dello scavo devono essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire devono essere riparati a cura e spese dell'Appaltatore. L'Appaltatore è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita nel caso che non si proceda alla stesa del misto granulometricamente stabilizzato.

6.6 DRENAGGI

6.6.1 Drenaggi tradizionali

I drenaggi dovranno essere formati con pietrame o ciottolame, con misto di fiume o di cava, con sabbia lavata o con materiale proveniente dagli scavi opportunamente frantumato, vagliato e lavato, posti in opera su platea di conglomerato cementizio di tipo III con classe di resistenza > 20/25 MPa. Il cunicolo drenante di fondo sarà realizzato con tubi di cemento disposti a giunti aperti, con tubi perforati di acciaio zincato o con tubo corrugato e fessurato in PVC del diametro non inferiore a 180 mm.

Il pietrame e i ciottoli saranno posti in opera a mano con i necessari accorgimenti in modo da evitare successivi assestamenti, ponendo il materiale di maggiori dimensioni negli strati inferiori e quello fino negli strati superiori; si potrà intasare il drenaggio già costituito con sabbia lavata.

Il misto di fiume e la sabbia lavata da impiegare nella formazione dei drenaggi dovranno essere puliti ed esenti da materiali organici e coesivi, granulometricamente assortiti con esclusione dei materiali passanti al setaccio 0,4 della serie UNI.

La formazione e la configurazione finale dei drenaggi a tergo dei piedritti delle gallerie artificiali, saranno conformi a quanto previsto in Progetto o prescritto dalla Direzione Lavori.

6.6.2 Drenaggi a tergo di murature

Il drenaggio verticale a tergo di murature sarà realizzato con una stuoia drenante dello spessore non inferiore a 22 mm, avente anche funzione di cassero a perdere; sarà costituita da una struttura centrale tridimensionale drenante, in monofilamento di nylon resistente ai raggi U.V. ed allo schiacciamento, intrecciato e termosaldato nei punti di contatto; sarà accoppiata solidamente sulle facce ad un telo filtrante in geotessile dello spessore di 0,7 mm e ad un telo impermeabile in PVC dello spessore di 1 mm.

La stuoia di peso complessivo non inferiore a 2,4 kg/m² dovrà avere una capacità drenante alla pressione di 0,05 MPa non inferiore a 1,4 l/s per metro di larghezza. Il dreno sarà posto in opera in aderenza alla superficie della muratura, dovrà essere ben curata la giunzione dei teli con sormonti aventi una sovrapposizione non inferiore a 10 cm; al piede del drenaggio dovrà essere posto in opera un tubo corrugato e fessurato in PVC del diametro non inferiore a 80 mm per consentire l'allontanamento e lo scarico delle acque drenate.

6.6.3 Drenaggi con filtro in geotessile non tessuto

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o sui drenaggi laterali della pavimentazione, gli stessi potranno essere realizzati con filtro laterale in geotessile non tessuto in polipropilene del peso non inferiore a 300 g/m², avente le caratteristiche indicate nelle presenti Norme.

I teli dovranno essere congiunti fra loro per sovrapposizione di almeno 30 cm e successiva graffatura.

La parte inferiore del geotessile, a contatto con il fondo del drenaggio e per una altezza di almeno 5 cm sui fianchi, dovrà essere impregnata con legante bituminoso tipo 180÷200 dato a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul geotessile) in ragione di almeno 2,0 kg/m². Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera del geotessile o anche dopo la sua sistemazione in opera. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di geotessile necessaria ad una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità di drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

Il cavo così rivestito sarà riempito con materiale lapideo pulito e vagliato, trattenuto al crivello 10 mm UNI, avente pezzatura massima di 70 mm.

Il materiale dovrà riempire tutta la cavità così da fare aderire il geotessile alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il geotessile fuoriuscente in sommità e su di esso sarà eseguita una copertura in terra pressata.

Quando previsto in Progetto, sul fondo del drenaggio dovrà essere fornita e posta in opera una tubazione in PVC od in acciaio zincato, microfessurata, per lo smaltimento delle acque.

6.6.4 Drenaggi longitudinali con riempimento in conglomerato cementizio poroso

I drenaggi laterali delle pavimentazioni, ubicati secondo Progetto, dovranno essere realizzati mediante uno scavo di larghezza non inferiore a 30 cm, eseguito con idonea fresatrice automatica. Lo scavo dovrà raggiungere una profondità di almeno 30 cm, sotto il piano di posa dello strato di fondazione.

La profondità dello scavo dovrà essere variabile in modo da consentire lo scolo delle acque verso gli scarichi nel caso che la pendenza longitudinale della pavimentazione non sia sufficiente a garantire un rapido smaltimento delle acque (< 1,0%).

Sarà impiegato un filtro in geotessile non tessuto in polipropilene, del peso non inferiore a 300 g/m², avente le stesse caratteristiche indicate nelle presenti Norme.

I teli dovranno essere congiunti fra loro per sovrapposizione di almeno 30 cm e successiva graffatura.

Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di geotessile necessaria ad una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità del drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

La parte inferiore del geotessile, a contatto con il fondo del drenaggio e per una altezza di almeno 5 cm sui fianchi, dovrà essere impregnata con legante bituminoso tipo 180÷200 dato a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul geotessile) in ragione di almeno 2,0 kg/m².

Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera del geotessile o anche dopo la sua sistemazione in opera. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di geotessile necessaria ad una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità di drenaggio (due volte la larghezza del cavo). Dopo la posa in opera e l'impermeabilizzazione del geotessile si porrà in opera il dispositivo drenante costituito da materassini in materiale sintetico non putrescibile rivestiti da geotessile non tessuto o da tubo corrugato microfessurato in PVC del diametro di 100 mm.

Sopra il dispositivo drenante sarà gettato conglomerato cementizio poroso, confezionato con cemento di tipo III o IV, avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza cubica a compressione a 28 giorni di maturazione > 10 MPa;
- permeabilità > 2 cm/s;
- dimensione massima degli aggregati 4 cm.

Il conglomerato cementizio drenante dovrà riempire la cavità ed essere costipato mediante vibratore per fare aderire il geotessile alle pareti dello scavo.

Sul conglomerato cementizio si sovrapporranno i lembi del geotessile e su quest'ultimo sarà steso uno strato di conglomerato bituminoso di tipo chiuso (2% dei vuoti nella prova Marshall) dello spessore di 7 cm.

6.6.5 Drenaggi delle cunette in trincea

I drenaggi sottostanti le cunette laterali nei tratti in trincea dovranno essere realizzati secondo le previsioni di Progetto.

Lo scavo sarà rivestito con un filtro in geotessile non tessuto, per il quale si richiamano le prescrizioni di cui al precedente punto 19.3, per quanto attiene a caratteristiche, impermeabilizzazione del fondo e metodo di posa in opera.

La parte inferiore del geotessile, a contatto con il fondo del drenaggio e per una altezza di almeno 5 cm sui fianchi, dovrà essere impregnata con legante bituminoso tipo 180+200 dato a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul geotessile) in ragione di almeno 2,0 kg/m². Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera del geotessile o anche dopo la sua sistemazione in opera. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di geotessile necessaria ad una doppia sovrapposizione dello stesso sulla sommità di drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

Sul fondo, dopo la posa del filtro in geotessile, dovrà essere fornito e posto in opera uno strato di sabbia lavata dello spessore di 5 cm per l'allettamento del tubo di drenaggio.

Quest'ultimo, in relazione alle previsioni di Progetto, dovrà essere in acciaio zincato onduloelicoidealmente e forato, o in PVC nervato e forato. La tipologia e il diametro del tubo saranno quelli indicati in Progetto; nella posa in opera le aperture saranno rivolte verso il basso in modo simmetrico rispetto alla generatrice inferiore del tubo.

Il riempimento finale del cavo sarà in misto di fiume o frantumato di cava. Tale materiale dovrà essere pulito ed esente da componenti organici e coesivi, granulometricamente assortito con esclusione dei materiali passanti al setaccio 0,4 della serie UNI.

Il riempimento potrà essere realizzato con calcestruzzo poroso vibrato, confezionato con cemento di tipo III o IV, avente le seguenti caratteristiche:

- resistenza cubica a compressione a 28 giorni di maturazione > 10 MPa;
- permeabilità > 2 cm/s;
- dimensione massima degli aggregati 4 cm.

Il conglomerato cementizio drenante dovrà riempire la cavità ed essere costipato mediante vibratore per fare aderire il geotessile alle pareti dello scavo.

Effettuata la chiusura del cavo mediante il risvolto e la sovrapposizione dei due lembi del geotessile, il lembo superiore dovrà essere impregnato con legante bituminoso 180+200 dato a caldo. Sopra il drenaggio sarà realizzata la cunetta avente profilo e finitura conforme ai disegni di Progetto.

6.7 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA ALLA FONDAZIONE STRADALE O AI TRATTAMENTI BITUMINOSI

Ultimati i movimenti di terra, sulla superficie stradale su cui dovrà essere posata la fondazione in terra stabilizzata, e pertanto sul piano finito dei rilevati e degli scavi, l'Impresa dovrà eseguire la preparazione del piano di base allo stabilizzato stesso.

Detta preparazione ha lo scopo di consentire la stesa dello strato stabilizzato o del manto bituminoso su una superficie perfettamente sagomata secondo la sagoma stradale finita, perfettamente addensata e chiusa.

Detta preparazione prevede l'allontanamento a rifiuto di tutti i materiali non idonei (vegetali, lenti organiche, fanghi, polvere) presenti sulla superficie stradale, la stesa, su tutta la superficie, di uno strato uniforme di correzione in materiale arido di fiume, ad alto tenore sabbioso, di altezza media (non compreso, "in frasca") di 10 cm, l'inumidimento con autobotti ed il compattamento a fondo del piano stesso con mezzo costipatore.

La superficie finita dovrà presentarsi perfettamente liscia, senza traccia di polvere o fango e non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto (tolleranza 0,5 cm su regolo 3,00 m, disposto secondo due direzioni ortogonali).

L'Impresa dovrà provvedere a mantenere inalterato nelle sue caratteristiche il piano così preparato fino alla totale stesa dello strato in stabilizzato o del manto bituminoso, rientrando questo onere nel prezzo di elenco.

La preparazione di norma va estesa oltre la larghezza dello stabilizzato, 20 cm per parte, o secondo quanto previsto nelle sezioni stradali tipo.

A trattamento finito si dovrà riscontrare un C.B.R. minimo di 80 nonché un Me \geq 800 kg/cm² su piastra diametro 30 cm.

6.8 FONDAZIONE STRADALE

6.8.1 IN MISTO GRANULARE STABILIZZATO (a legante naturale o a legante naturale corretto)

La fondazione stradale in terra stabilizzata deve seguire senza sospensioni la preparazione del piano di posa. A sua volta la fondazione in terra stabilizzata dovrà, nel minor tempo possibile essere protetta con la stesa della pavimentazione bitumata: l'Impresa dovrà nel frattempo provvedere a sue spese, rientrando questo onere nel prezzo di elenco, a mantenere in perfetta efficienza la stesa di stabilizzato, riparando eventuali danni arrecati dal transito o dagli agenti atmosferici ed in particolare mantenendo costante l'inumidimento dello strato a mezzo di autobotte.

La fondazione in terra stabilizzata dovrà essere eseguita con regolarità e celerità, in stagione sufficientemente calda ed asciutta.

Il macchinario da impiegarsi sarà costituito da motograder, autobotte, rullo vibrante e rullo statico (o rullo gommato), erpice per la miscelazione dello strato in sito, miscelatore distributore per lo spandimento regolare del legante di correzione (filler e cemento: esso è previsto nella percentuale complessiva in peso del 3 %).

La fondazione stradale dovrà essere costituita da una miscela di materiali granulari (misto granulare) stabilizzati per granulometria con l'aggiunta o meno di legante naturale, il quale è costituito da terra passante al setaccio 0,40 UNI.

L'aggregato potrà essere costituito da ghiaie, detriti di cava, frantumato, scorie od anche altro materiale; potrà essere: materiale reperito in sito, entro o fuori cantiere, oppure miscela di materiali aventi provenienze diverse, in proporzioni stabilite attraverso una indagine preliminare di laboratorio e di cantiere.

- Caratteristiche del materiale da impiegarsi

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 35 %;
- equivalente in sabbia misurato sulla frazione controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia (65) potrà essere variato dalla Direzione Lavori passante al setaccio 4 ASTM, compreso tra 25 e 65. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso fra 25 e 35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60 % in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza C.B.R. di cui al successivo punto.
- indice di portanza C.B.R., dopo 4 giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello 25) non minore di 50.
- granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci UNI	Miscela passante % in peso
Crivello 71	100
Crivello 40	75 + 100
Crivello 25	60 + 87
Crivello 10	35 + 67
Crivello 5	25 + 55
Setaccio 2	15 + 40
Setaccio 0,4	7 + 22
Setaccio 0,075	2 + 10

In conformità a quanto indicato nei disegni di progetto ed a quanto il Direttore dei Lavori predisporrà nel corso di lavori, con riferimento ai risultati sperimentali, la fondazione in oggetto potrà essere stabilizzata con il solo concorso del legante naturale incluso nella miscela oppure con l'aggiunta di un quantitativo di legante di correzione dell'ordine del 3 % in peso di miscela, costituito da filler calcareo e cemento (indicativamente kg 15 di cemento tipo 425 e kg 35 di filler calcareo per metro cubo di miscela). L'onere della fornitura e miscelazione del legante correttivo sarà corrisposto a parte, con il relativo articolo di elenco prezzi.

- Studi preliminari

Le caratteristiche suddette potranno essere accertate dalla Direzione Lavori mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno.

Contemporaneamente l'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata. I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli dalla Direzione Lavori in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo effettuato il costipamento.

- Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Lo strato finito dovrà presentarsi con spessore costante di cm 20, perfettamente chiuso e livellato secondo la sagoma finita stradale.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. A questo proposito si precisa che tutte le operazioni

anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità, o danni dovuti al gelo, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o gommati.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95 % della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 10 %, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

- Norme di misurazione e detrazioni

L'Impresa deve garantire sempre lo spessore finito e costante dello strato, prescritto dalla relativa voce di elenco; il maggiore consumo per sovrasspessori rientra negli oneri dell'Impresa stessa che dovrà tenerne conto in sede di offerta.

Qualora sul trattamento finito si riscontrino, a seguito di accertamenti eseguiti in contraddittorio, più di due misure su dieci consecutive (in un km), inferiori o pari al minimo tollerato (spessore prescritto meno il 10 %) il Direttore dei Lavori può eseguire su tutta la stesa finita l'accertamento in contraddittorio degli spessori. In tale sede si medieranno solo gli spessori inferiori alla misura prescritta dalla voce di elenco (non tenendo conto degli spessori uguali o maggiori) e si farà detrazione per lo spessore medio mancante per tutta la superficie di stesa, applicando, al prezzo relativo prezzo di elenco, una riduzione con proporzione semplice allo spessore suddetto.

6.8.2 MISTO CEMENTATO

Gli strati in misto cementato sono costituiti da un misto granulare di ghiaia (o pietrisco) e sabbia impastato con cemento e acqua in impianto centralizzato a produzione continua con dosatori a peso o a volume. Gli strati in oggetto avranno lo spessore che sarà prescritto dalla Direzione Lavori.

Comunque si dovranno stendere strati il cui spessore finito non risulti superiore a 20 cm o inferiore a 10 cm.

- Caratteristiche dei materiali da impiegarsi.

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava o di fiume con percentuale di frantumato complessivo compresa tra il 30 % ed il 60 % in peso sul totale degli inerti (la Direzione Lavori potrà permettere l'impiego di quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito, in questo caso la miscela dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione ed a trazione a 7 giorni; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio 0,075 mm) aventi i seguenti requisiti:

- l'aggregato deve avere dimensioni non superiori a 40 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria, a titolo orientativo, compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci UNI	Miscela passante % in peso
Crivello 40	100
Crivello 30	80 + 100
Crivello 25	72 + 90

Crivello 15	53 + 70
Crivello 10	40 + 55
Crivello 5	28 + 40
Setaccio 2	18 + 30
Setaccio 0,4	8 + 18
Setaccio 0,18	6 + 14
Setaccio 0,075	5 + 10

- perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 - AASHTO T 96, inferiore o uguale al 30%;
- equivalente in sabbia compreso tra 30 e 60;
- indice di plasticità non determinabile (materiale non plastico).
- Legante. Verrà impiegato cemento di tipo normale (Portland, pozzolanico, d'alto forno).
- A titolo indicativo la percentuale di cemento in peso sarà compresa tra il 2,2 % e il 3,0 % sul peso degli inerti asciutti.
- Acqua. Dovrà essere esente da impurità dannose, olii, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro ± 2 % del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

- Studio della miscela in laboratorio

L'Impresa deve proporre la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (C.N.R. UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm³).

Per il confezionamento dei provini, gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio.

Tale eccedenza deve essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di cm 17,78.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino.

Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

I campioni da confezionare in laboratorio devono essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua.

Saranno confezionati almeno tre campioni ogni 250 m di lavorazione.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato e 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello $51 \pm 0,5$ mm, peso pestello $4,535 \pm 0,005$ daN, altezza di caduta 45,7 cm).

I provini devono essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90 % e temperatura di circa 20° C); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida.

Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello da 25 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio.

Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini devono avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 25 daN/cm² e non superiori a 45 daN/cm², ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" non inferiori a 2,5 daN/cm².

Per particolari casi è facoltà della D.L. accettare valori di resistenza a compressione fino a 75 daN/cm² (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di $\pm 15\%$, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di laboratorio devono essere scelti la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

- Formazione e confezione delle miscele

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti devono comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata all'ammannimento degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

- Posa in opera - tempo di maturazione

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti. La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti.

Le operazioni di addensamento dello strato devono essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

Rullo a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t.

Rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm. e carico di almeno 18 t.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla Direzione Lavori, delle stesse caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0° C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della Direzione Lavori, potrà essere consentita la stesa a temperature diverse.

In questo caso però deve essere necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni);

deve essere inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato.

Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa devono essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura.

Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola deve essere necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale.

Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

Aperture anticipate vanno correlate alle resistenze raggiunte dal misto.

Comunque il tempo di maturazione non potrà essere mai inferiore a 48 ore.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

- Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura deve essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa cationica al 55% in ragione di 1 kg/m², in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

- Norme di controllo delle lavorazioni - prestazioni - penali

Verrà ammessa una tolleranza di ± 5 punti % fino al passante al crivello n° 5 e di ± 2 punti % per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

A compattazione ultimata la densità in sito deve essere non inferiore al 100 % nelle prove AASHTO modificato nel 98 % delle misure effettuate.

Il valore del modulo di deformazione Md al 1° ciclo di carico e nell'intervallo compreso tra 1,5 e 2,5 daN/cm², rilevato in un tempo compreso fra 3 e 12 ore dalla compattazione non deve mai essere inferiore a 1300 daN/cm².

I valori inferiori a 1300 daN/cm² e, comunque, non inferiore a 1000 daN/cm² verranno penalizzati con la detrazione del 5 % ogni 100 daN/cm².

6.9 RICICLAGGI IN SITO ED ALL'IMPIANTO 6.9.1 RICICLAGGIO IN SITO DEL MISTO GRANULARE CON AGGIUNTA DI CEMENTO E ACQUA.

La rigenerazione in sito viene realizzata mediante idonee attrezzature che consentono di miscelare in sito, anche in cassonetti ricavati da pavimentazioni preesistenti, il misto cementato per fondazione o il misto granulare costituenti la preesistente fondazione, con cemento ed eventuali inerti freschi ed acqua, omogeneizzare stendere per tutta la larghezza e profondità prevista e compattare la miscela ottenuta per uno spessore massimo di 25 cm.

In alternativa si potranno usare materiali fresati di pavimentazioni bituminose; in questo caso si possono accettare resistenze minori di quelle indicate nel seguito, ma con conseguente aumento degli spessori legati, in modo da ottenere comunque i moduli di cui al punto **B)** dell'art. 26.

A.1) Caratteristiche dei materiali.

A.1.1) Inerti

Nel caso di impiego della preesistente fondazione in misto granulare occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille) che vanno allontanate qualora presenti e la rispondenza alle prescrizioni granulometriche (C.N.R. B.U. N. 23 del 14/12/1971) indicate nel fuso seguente:

Serie crivelli e setacci UNI / Passante totale in peso %

Crivello 71	100
“ 40	75-100
“ 25	60-87
“ 10	35-67
“ 5	25-50
Setaccio 2	15-40
“ 0,4	7-22
“ 0,07	52-10

Qualora le caratteristiche del misto non rispondessero a tali indicazioni si deve operare mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto.

Gli inerti di integrazione devono provenire esclusivamente da frantumati di cava (frantumazione 100 %) e conformi a quanto richiesto dalle norme vigenti.

A.1.2) Cemento

Deve essere impiegato cemento Portland d'alto forno o pozzolanico (tipo I, III o IV) con classe di resistenza 325.

A.1.3) Acqua

Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

A.2) Progetto della miscela di laboratorio.

Le percentuali di cemento e di acqua ottimali e dell'eventuale integrazione di inerti saranno stabilite in relazione alle seguenti prove di laboratorio:

- eseguire sulla tratta interessata dai lavori prelievi di materiale sciolto fresato in sito e determinare in laboratorio la curva granulometrica di progetto del misto cementato o granulare da trattare (C.N.R. 23/71). Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite sulla tratta interessata dai lavori almeno ogni 500 m ed in caso di disomogeneità della miscela, intensificate.
- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento e relativa densità massima secca della miscela di progetto mediante studio Proctor modificato (C.N.R. B.U. n. 69/78). La miscela granulometrica sottoposta a prova Proctor deve contenere una percentuale di cemento pari all'incirca della metà di quella ottimale.

La percentuale di cemento ottimale deve essere determinata compattando la miscela, privata del trattenuto al crivello UNI 30 mm, entro stampi C.B.R. (C.N.R. – UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore all'umidità ottimale Proctor.

La miscela deve essere compattata su 5 strati secondo la norma AASHTO modificato (diametro pestello 51 ± 0.5 mm, peso pestello 4.535 ± 0.005 daN altezza di caduta 45.7 cm) incrementando di volta la percentuale di cemento (indicativamente dell'1 %) riferita al peso secco della miscela degli inerti.

Per ogni percentuale di cemento devono essere confezionati 18 provini.

I provini così confezionati devono essere estratti dallo stampo dopo 24 ore e portati successivamente a stagionatura per altri 2 e 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90 % e temperatura di circa 20° C).

Da ogni provino, appena confezionato, deve essere immediatamente determinata la densità secca espressa in g/cm³ (C.N.R. B.U. n. 29/72).

Le rotture dei provini devono avvenire secondo le seguenti modalità:

	Rottura a compressione (C.N.R. B.U. N. 29/72)	Rottura a trazione indiretta (Brasiliana) (C.N.R. B.U. N. 97/84)
	n° provini	n° provini
24 ore di stagionatura	3	3
72 ore di stagionatura	3	3
168 ore di stagionatura	3	3

Da questi dati di laboratorio devono essere scelti la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

La miscela ottimizzata deve possedere una resistenza a compressione a 7 giorni non minore di 25 daN/cm² e non superiore a 45 daN/cm², ed a trazione non inferiore a 2,5 daN/cm².

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 75 daN/cm².

A.3) Posa in opera.

La posa in opera della miscela deve essere effettuata mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti alla segregazione degli elementi litoidi più grossi. La miscela appena stesa deve essere immediatamente compattata mediante un rullo statico metallico e/o combinato di almeno 35 ton di peso. Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla Direzione Lavori, delle stesse caratteristiche sopra riportate.

Al termine della compattazione lo strato finito deve avere una densità secca uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 98 % di quella Proctor.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura deve essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione acida al 55% in ragione di 1 kg/m² ed un successivo spargimento di sabbia.

Con temperatura dell'aria inferiore ai 5° C la lavorazione della miscela deve essere sospesa e comunque sempre in caso di pioggia. Le lavorazioni successive e l'apertura al traffico dipenderà dalle resistenze raggiunte, comunque saranno decise di volta in volta.

A.4) Norme di controllo delle lavorazioni – prestazioni – penali

Vale quanto indicato al punto **B)** dell'art. 26.

6.9.2 CONGLOMERATI BITUMINOSI RICICLATI A FREDDO IN SITO CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA E CON AGGIUNTA DI CEMENTO PER LA FORMAZIONE DI STRATI DI BASE

La miscela a freddo, corrispondente strutturalmente ad un conglomerato bituminoso di base, viene realizzata mediante idonee attrezzature che consentono di miscelare il materiale bituminoso fresato con emulsione bituminosa modificata e cemento, eventuali inerti freschi, additivi ed acqua, omogeneizzare, stendere e compattare il conglomerato ottenuto per uno spessore massimo di 15 cm.

B.1) Caratteristiche dei materiali.

Per la realizzazione della miscela, in funzione del raggiungimento delle portanze indicate nel seguito, è consentita l'integrazione di inerti di adeguata pezzatura, non superiore al 30 % in peso.

Gli inerti di integrazione devono provenire esclusivamente da frantumati di cava (frantumazione 100 %) e conformi alle specifiche tecniche della miscela di base.

B.1.1) Curva di progetto

La granulometria della miscela finale deve essere compresa nel seguente fuso e avere andamento continuo:

Serie crivelli e setacci UNI / Passante totale in peso %

Crivello 30	100
“ 25	70-95
“ 15	45-70
“ 10	35-60
“ 5	25-50
Setaccio 2	18-38
“ 0,4	6-20
“ 0,18	4-14
“ 0,075	4-8

Il fresato può essere omogeneizzato granulometricamente mediante granulazione e/o vagliatura; qualora la curva granulometrica del fresato non consenta la realizzazione della curva di progetto si deve operare mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto.

Il materiale fresato prima della miscelazione con i leganti e con gli inerti di aggiunta non deve avere materiale (inerte con bitume vecchio) di pezzatura superiore a 40 mm.

Dopo la compattazione devono essere eseguiti controlli granulometrici per correggere eventuali variazioni.

B.1.2) Legante

Il bitume finale deve essere costituito da quello presente nel materiale fresato integrato con quello proveniente dall'emulsione bituminosa formata con bitume modificato.

La percentuale di bitume nell'emulsione deve essere compresa tra 60 % e 70 % in peso.

B.1.3) Cemento

Deve essere impiegato cemento Portland d'alto forno o pozzolanico (tipo I, III e IV) con classe di resistenza 325.

B.1.4) Acqua

Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

B.2) Prescrizioni progettuali

B.2.1) Progetto della miscela di laboratorio

Le percentuali di cemento, acqua e emulsione ottimali e dell'eventuale integrazione di inerti saranno stabilite in relazione alle prove di laboratorio di seguito elencate.

B.2.2) Prelievi in sito

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite sulla tratta interessata dai lavori almeno ogni 500 m ed in caso di disomogeneità della miscela, intensificate.

B.2.3) Curva di progetto

Dai prelievi devono essere eseguite analisi granulometriche per la determinazione della curva di progetto, apportando se necessario nella miscela opportune integrazioni di inerti (C.N.R. 23/71).

B.2.4) Studio della miscela di progetto

Per la determinazione delle percentuali (da riferirsi in peso sugli inerti) ottime di emulsione, cemento ed acqua devono essere confezionati provini tramite pressa giratoria con le seguenti condizioni di prova:

- Angolo di rotazione: $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$

- Velocità di rotazione: 30 rotazioni al minuto
- Pressione verticale, Kpa: 600
- Diametro provino, mm: 150
- n° giri: 180
- Peso campione: 4500 g comprensivo di emulsione, cemento e acqua

Per ogni periodo di maturazione (specificati di seguito) vanno confezionati le seguenti serie di provini:

Cemento %	1,5			2,0			2,5		
Bitume % proveniente dall'emulsione	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5
Umidità % complessiva	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5
Provini n.	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Ferme restando le percentuali di cemento le altre percentuali possono variare in funzione della natura e della granulometria da riciclare.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40° C per 24 h, 48 h e 72 h e successivamente testati mediante prova di Resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25° C.

Per l'individuazione delle caratteristiche ottimali la miscela deve rispondere ai seguenti requisiti:

- resistenza a trazione diametrale R_t a 72 ore di maturazione (N/mm²): ³ 0,40
- coefficiente di trazione indiretta CTI a 72 ore di maturazione (N/mm²): ³ 60

Dall'ottimale ottenuto su campioni maturati per 72 ore a 40° C si devono ricavare:

- perdita di resistenza per imbibizione a 25° C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio; la resistenza a trazione indiretta a 25° C deve risultare almeno il 70 % di quella ottimale;
- densità geometrica di riferimento per il controllo in sito a 180 giri;
- determinazione del modulo complesso (valore assoluto) che deve risultare:

Temperatura °C	0			10			20		
Frequenza Hz	1	10	20	1	10	20	1	10	20
Modulo complesso daN/cm ²	≥ 46000	≥ 57000	≥ 60000	≥ 33000	≥ 41000	≥ 45000	≥ 23000	≥ 30000	≥ 32000

Per l'individuazione del tempo di apertura al traffico, sulla miscela ottimale devono essere confezionati con le stesse modalità di cui sopra 3 serie da 3 provini da sottoporre a maturazione per 24 h, 72 h e 168 h a 20° C e rotti con sistema diametrale a 25° C (dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25° C).

I requisiti richiesti sono:

Maturazione (h)	Rt (N/mm ²)	CTI (N/mm ²)
24	≥0,20	≥ 20
72	≥0,25	≥ 25
168	≥ 0,30	≥ 30

B.3) POSA IN OPERA

La messa in opera della miscela deve essere effettuata mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione di elementi litoidi più grossi.

La miscela appena stesa deve essere immediatamente compattata mediante un rullo vibrante di peso ³ 18 ton. con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione, insieme ad un rullo gommato di carico statico ³ 25 ton.

I rulli impiegati devono garantire l'ottenimento delle densità di progetto.

Al termine della compattazione lo strato finito deve avere una densità secca uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 98 % di quella ottenuta dai provini costipati con pressa giratoria a 180 giri, mentre il grado di addensamento è misurato mediante volumometro a sabbia (C.N.R. B.U. n. 22/1972), o carotaggi.

Con temperatura dell'aria inferiore ai 5° C la lavorazione della miscela deve essere sospesa e comunque sempre in caso di pioggia.

L'apertura alle successive lavorazioni e/o traffico va valutata di volta in volta.

B.4) NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI – PRESTAZIONI - PENALI

Valgono le prescrizioni del punto **B)** dell'art. 26, con le seguenti variazioni riguardanti la media dei valori di modulo relativa a tronchi omogenei:

TEMPO DI MATURAZIONE / MODULO (Mpa)

Da 12 a 24 ore	700
Da 24 a 48 ore	1000
Dopo 90 giorni	4500

6.9.3 RICICLAGGIO A FREDDO IN SITO DI MATERIALI PREESISTENTI CON ELMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA E CON AGGIUNTA DI CEMENTO PER LA FORMAZIONE DI STRATI DI FONDAZIONE

La rigenerazione in sito a freddo viene realizzata mediante idonee attrezzature che consentano di miscelare in sito misti cementati, misti granulari o altri materiali anche bitumati, preesistenti nel luogo, con emulsione bituminosa modificata e cemento, ed eventuali inerti freschi additivi ed acqua, omogeneizzare, stendere e compattare la miscela ottenuta per uno spessore di 15 cm.

Spessori più alti saranno accettati purché sia presente una certa drenabilità dei supporti (per lo smaltimento delle acque in eccesso) e siano usate macchine con mescolatori abbastanza capienti per consentire il raggiungimento di buone mescolazioni anche alle profondità più elevate di 15 cm.

C.1) Caratteristiche dei materiali.

Per la realizzazione della miscela, in funzione del raggiungimento delle portanze indicate nel seguito, è consentita l'integrazione di inerti di adeguata pezzatura, non superiore al 30 % in peso.

Gli inerti di integrazione devono provenire esclusivamente da frantumati di cava (frantumazione 100 %) e conformi alle specifiche tecniche della miscela di base, oppure da fresato degli strati superiori a quello trattato.

Nel caso di impiego della preesistente fondazione in misto granulare occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille).

C.1.1) Curva di progetto

La granulometria della miscela finale deve essere compresa nel seguente fuso e avere andamento continuo:

Serie crivelli e setacci UNI / Passante totale in peso %

Crivello 71	100
40	80-100
25	65-90
15	52-78
10	40-68
5	30-55
Setaccio 2	18-40
0,4	8-22
0,075	3-10

Qualora la curva granulometrica del misto non consenta la realizzazione della curva di progetto si deve operare mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto.

Dopo la compattazione devono essere eseguiti controlli granulometrici per correggere eventuali variazioni.

C.1.2) Legante

Il bitume finale deve essere costituito da quello presente nel materiale fresato integrato con quello proveniente dall'emulsione bituminosa formata con bitume modificato con aggiunta di attivanti o ritardanti chimici.

La percentuale di bitume nell'emulsione deve essere compresa tra 60 % e 70 % in peso.

C.1.3) Cemento

Deve essere impiegato cemento Portland d'alto forno o pozzolanico (tipo I, III e IV) con classe di resistenza 325.

C.1.4) Acqua

Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

C.2) Prescrizioni progettuali.

C.2.1) Progetto della miscela di laboratorio

Le percentuali di cemento, acqua e emulsione ottimali e dell'eventuale integrazione di inerti saranno stabilite in relazione alle prove di laboratorio di seguito elencate.

C.2.2) Prelievi in sito

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite sulla tratta interessata dai lavori almeno ogni 500 m ed in caso di disomogeneità della miscela, intensificate.

C.2.3) Curva di progetto

Dai prelievi devono essere eseguite analisi granulometriche per la determinazione della curva di progetto, apportando se necessario nella miscela opportune integrazioni di inerti (C.N.R. 23/71).

C.2.4) Studio della miscela di progetto

Per la determinazione delle percentuali (da riferirsi in peso sugli inerti) ottime di emulsione, cemento ed acqua devono essere confezionati provini tramite pressa giratoria con le seguenti condizioni di prova:

- Angolo di rotazione: $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$
- Velocità di rotazione: 30 rotazione al minuto
- Pressione verticale, Kpa: 600
- Dimensioni provino, mm: 150
- n° giri: 180
- Peso campione: 4500 g comprensivo di emulsione, cemento e acqua

Per ogni periodo di maturazione (specificati di seguito) vanno confezionati le seguenti serie di provini:

Cemento %	1,5			2,0			2,5		
Bitume proveniente dall'emulsione	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5
Umidità complessiva	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Provini n.	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Ferme restando le percentuali di cemento le altre percentuali possono variare in funzione della natura e della granulometria da riciclare.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40°C per 24 h, 48 h e 72 h e successivamente testati mediante prova di Resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25°C .

Per l'individuazione delle caratteristiche ottimali la miscela deve rispondere ai seguenti requisiti:

- Resistenza a trazione diametrale R_t a 72 ore di maturazione (N/mm²): $\geq 0,40$
- Coefficiente di trazione indiretta CTI a 72 ore di maturazione (N/mm²): ≥ 60

Dall'ottimale ottenuto su campioni maturati per 72 ore a 40°C si devono ricavare:

- perdita di resistenza per imbibizione a 25°C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio; la resistenza a trazione indiretta a 25°C deve risultare almeno il 70% di quella ottimale;
- densità geometrica di riferimento per il controllo in sito a 180 giri;
- determinazione del modulo complesso (valore assoluto) che deve risultare:

Temperatura $^\circ \text{C}$	0			10			20		
Frequenza Hz	1	10	20	1	10	20	1	10	20
Modulo complesso daN/cm ²	≥ 60000	≥ 68000	≥ 70000	≥ 27000	≥ 35000	≥ 36000	≥ 17000	≥ 24000	≥ 26000

Per l'individuazione dei tempi di apertura al traffico, sulla miscela ottimale devono essere confezionati con le stesse modalità di cui sopra 3 provini da sottoporre a maturazione per 24 h a 20°C e rotti con sistema diametrale a 25°C (dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25°C).

I requisiti richiesti sono:

- Resistenza a trazione diametrale R_t a 24 ore di maturazione (N/mm²): $\geq 0,18$
- Coefficiente di trazione indiretta CTI a 24 ore di maturazione (N/mm²): ≥ 20

C.3) Posa in opera.

La messa in opera della miscela deve essere effettuata mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione di elementi litoidi più grossi.

La miscela appena stesa deve essere immediatamente compattata mediante un rullo vibrante di peso ³ 18 ton. con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione, insieme ad un rullo gommato di carico statico ³ 25 ton.

I rulli impiegati devono garantire l'ottenimento delle densità di progetto.

Al termine della compattazione lo strato finito deve avere una densità secca uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 98 % di quella indicata nello studio della miscela di progetto (punto C.2) densità geometrica dei provini costipati con pressa giratoria a 180 giri; il grado di addensamento è misurato mediante volumometro a sabbia (C.N.R. B.U. n. 22/1972), o carotaggi. Con temperatura dell'aria inferiore ai 5° C la lavorazione della miscela deve essere sospesa e comunque sempre in caso di pioggia.

L'apertura alle successive lavorazioni e/o traffico va valutata di volta in volta.

C.4) Accettazione delle miscele.

L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Ad ogni variazione delle caratteristiche dei componenti delle miscele, dovrà fare seguito un nuovo studio relativo sia ai singoli componenti, sia alla miscela di progetto.

C.5) Confezione e posa in opera delle miscele.

Il riciclaggio a freddo dovrà essere realizzato mediante un impianto mobile da installare in cantiere. L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La posa in opera dei conglomerati riciclati a freddo dovrà essere effettuata con macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

La miscela dovrà essere di norma compattata immediatamente dopo la stesa. A tale scopo, l'Impresa potrà utilizzare i mezzi di costipamento giudicati più convenienti.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Le lavorazioni di riciclaggio a freddo dovranno essere sospese con temperatura dell'aria inferiore ai 5° C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Prima della stesa delle miscele riciclate a freddo la superficie del sottostante strato di fondazione dovrà essere sottoposto a livellamento e rullatura allo scopo di ottenere una superficie che soddisfi i requisiti di regolarità e di portanza.

Il livellamento potrà essere eseguito asportando il materiale di fondazione dove questo si trova in eccesso rispetto alla quota di progetto, ovvero provvedendo alla sua integrazione nelle zone ove la fresatura sia stata eseguita fino a raggiungere una quota posta al di sotto di quella di progetto. Per l'eventuale integrazione potrà essere utilizzato il materiale esistente, derivante dalle operazioni di livellamento, oppure misto naturale appartenente alle classi A1-a od A1-b della classificazione C.N.R.-UNI.

C.6) Campo prove.

Prima dell'inizio dei lavori l'impresa è tenuta a realizzare un campo prove per la verifica, oltre che della funzionalità dell'impianto di produzione, delle tecniche di compattazione adottate.

Il campo prove dovrà essere realizzato in un sito all'interno del quale non vi siano restrizioni per il movimento dei mezzi d'opera e del personale di assistenza e controllo. In tal senso non è consentito utilizzare quale campo prove una tratta della pavimentazione oggetto dei lavori.

Il piano di appoggio del campo prove dovrà presentare un modulo dinamico Evd, determinato mediante prove di portanza con Light Weight Drop Tester (LWDT), compreso tra 50 e 80 MN/m²,

oppure un modulo di deformazione M_d determinato mediante prove di carico su piastra, compreso tra 50 e 80 N/mm².

Il campo prove dovrà avere uno sviluppo di almeno 60 m di lunghezza (per ciascuna miscela soggetta ad indagine), con una larghezza di striscia di stesa pari a 4 m.

Per la costituzione delle miscele indagate nel campo prove l'Impresa dovrà utilizzare il medesimo fresato che verrà impiegato durante i lavori. Prima della realizzazione del campo prove dovrà quindi provvedere alla acquisizione del fresato ed alla sua conseguente suddivisione in classi e caratterizzazione ai fini dell'accettazione. Anche gli altri materiali componenti saranno quelli precedentemente caratterizzati ai fini dell'accettazione.

Per ciascuna miscela posta in opera nel campo prove l'impresa è tenuta a fornire alla Direzione Lavori l'indicazione delle caratteristiche dei materiali costituenti e della formula di impasto utilizzata. Le prove eseguite a supporto del campo prove saranno le medesime effettuate per l'accettazione dei materiali e per i controlli in corso d'opera. Data la ridotta estensione del campo prove, la loro frequenza verrà stabilita dalla Direzione Lavori che concorderà preventivamente il piano operativo delle sperimentazioni con l'impresa ed il Laboratorio incaricato di effettuare i controlli.

In aggiunta rispetto ai controlli indicati precedentemente, sullo strato finito di miscela riciclata compattata dovranno essere valutate la densità e la densità secca mediante la preventiva predisposizione di idonei mezzi per potere estrarre dallo strato stesso idonee campionature della miscela. Le prove di densità, eseguite in laboratorio, dovranno essere integrate da prove di portanza ad impatto del tipo LWDT per poter stabilire una correlazione tra i valori di densità e quelli del modulo dinamico E_{vd} derivante dal LWDT. Tale correlazione, definita dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati sperimentali, potrà essere utilizzata per effettuare in corso d'opera un controllo indiretto delle condizioni di addensamento effettivamente raggiunte.

Nel campo prove la densità in situ dovrà essere non inferiore al 98 % della densità dei corrispondenti campioni confezionati con pressa statica.

Tra le miscele proposte che hanno dato esiti positivi nei controlli effettuati sul campo prove, l'impresa potrà scegliere quella da mettere in opera per la realizzazione dei lavori.

Questa verrà considerata come miscela di progetto e ad essa si farà riferimento nei successivi controlli in corso d'opera.

C.7) Controlli

I controlli effettuati in corso d'opera riguardano sia lo strato di conglomerato bituminoso riciclato, sia il suo piano di appoggio.

Per quel che riguarda il piano di fondazione, sono previste verifiche relative alla sua regolarità ed alla sua portanza.

Al termine della rullatura la superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm. Ciò dovrà essere verificato a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo le due direzioni ortogonali.

A seguito dell'esecuzione di prove di portanza ad impatto con attrezzatura LWDT sulla superficie finita della fondazione dovranno ottenersi valori del modulo dinamico E_{vd} non inferiori a 65 MN/m².

Nel caso di impiego di materiali di integrazione, si dovranno inoltre effettuare le necessarie verifiche per la classificazione C.N.R.-UNI.

Le frequenze dei controlli relativi al piano ed al materiale di fondazione sono riportati nella Tabella successiva.

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi riciclati a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata dalla vibrofinitrice, sui campioni prelevati dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella successiva.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso il Laboratorio a tale scopo incaricato, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sulla miscela riciclata vengono determinate, con le frequenze indicate in Tabella successiva: la percentuale di bitume, la percentuale d'acqua, la granulometria degli aggregati (comprensivi dei riciclati e di quelli di integrazione).

Con riferimento alla granulometria degli aggregati contenuti nella miscela riciclata di progetto (rilevata dalle analisi eseguite in campo prove), saranno ammesse variazioni assolute delle singole percentuali dei passanti ai vari setacci contenute entro il 7 % per l'aggregato grosso (diametro superiore a 5 mm), entro il 5 % per l'aggregato fino (diametro inferiore a 5 mm) ed entro il 2% per il passante al setaccio UNI 0,075 mm.

Con riferimento alla percentuale di bitume contenuto nella miscela riciclata di progetto (rilevata dalle analisi eseguite in campo prove), saranno ammesse variazioni assolute contenute entro lo 0,5 %.

La percentuale di acqua non dovrà essere superiore a quella dichiarata, data dalla combinazione di quella dell'emulsione e di quella di aggiunta.

Le variazioni della granulometria e della percentuale complessiva di bitume verranno valutate facendo riferimento ai valori medi delle medesime grandezze calcolate per ciascuna giornata di lavorazione. Il mancato rispetto delle tolleranze prescritte comporterà la necessità di provvedere alla rimozione dello strato ed alla successiva ricostruzione a spese dell'impresa.

Tale provvedimento potrà essere evitato qualora l'impresa predisponga una stesa di prova supplementare nel campo prove con la medesima miscela e su questa si abbiano risultati accettabili. Rispetto alla nuova miscela stesa in campo prove potranno essere quindi riscontrate le tolleranze sulla granulometria e sulla percentuale di bitume. In ogni caso, il mancato rispetto dei requisiti relativi alla granulometria degli aggregati potrà comportare in caso di marcate differenze, la rimozione ed il rifacimento dello strato.

Vengono inoltre determinate, su campioni preparati con metodologia statica: la densità immediatamente dopo il costipamento e la relativa densità secca, la resistenza a trazione indiretta a 25° C (dopo 1 giorno di condizionamento alla medesima temperatura e dopo 3 giorni di condizionamento a 40° C) ed il modulo di rigidità a 20° C dopo 3 giorni di maturazione alla medesima temperatura.

Per ciascuna giornata di lavorazione i valori medi delle grandezze misurate sui campioni compattati staticamente dovranno essere superiori al 98% dei valori relativi alla miscela di progetto analizzata nel campo prove.

Per valori medi delle grandezze su indicate inferiori a quelli di accettazione verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 7,5 % del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di differenza tra il 98 % ed il valore raggiunto (espresso come percentuale di quello di campo prove). Valori medi inferiori al 95 % di quelli del campo prove comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'impresa.

Sullo strato di riciclato verranno eseguite, immediatamente dopo la rullatura, prove di portanza con attrezzatura LWDT per un controllo indiretto delle condizioni di addensamento.

Facendo riferimento alla correlazione individuata all'interno del campo prove, dovranno ottenersi valori calcolati della densità non inferiori al 98 % dei corrispondenti valori ottenuti su campioni di miscele compattati staticamente, il controllo di densità potrà essere utilizzato anche per predisporre ulteriori cicli di compattazione da eseguire eventualmente dopo un certo tempo di attesa.

Per valori medi della densità inferiori a quelli di accettazione verrà applicata, per ogni tratto omogeneo, una detrazione del 7,5 % del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di differenza tra il 98 % ed il valore raggiunto (espresso come percentuale di quello dei corrispondenti campioni compattati staticamente). Valori medi inferiori al 95 % comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'impresa.

Al termine della rullatura la superficie finita dello strato non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza e disposto secondo le due direzioni ortogonali. Nei casi in cui si riscontri la violazione di tale prescrizione si dovrà provvedere a regolarizzazione del piano mediante opportuna integrazione e successiva rullatura fino al raggiungimento di condizioni di accettazione.

La verifica dello spessore dello strato in ogni tratto omogeneo, corrispondente cioè alla medesima formula di impasto, verrà effettuata mediante carotaggi o scavi localizzati, con la frequenza indicata in Tabella successiva. Lo spessore medio dello strato verrà calcolato come media delle misure effettuate sulle singole carote; nel calcolo di tale media i valori superiori rispetto a quello di progetto di oltre il 5 % verranno considerati proprio pari al valore di progetto aumentato del 5 %.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 10 % del prezzo di elenco per ogni cm di materiale mancante.

Carenze superiori al 15 % dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Tutte le penali precedentemente indicate sono cumulabili.

<i>TIPO DI CAMPIONE</i>	<i>UBICAZIONE PRELIEVO</i>	<i>FREQUENZA PROVE</i>	<i>GRANDEZZE VALUTATE</i>
Misto di fondazione	Fondazione	2 rilievi al giorno Oppure ogni 50 m di stesa	Regolarità
Misto di fondazione	Fondazione	Ogni 50 m di stesa	Modulo dinamico E_{vd}
Materiale di integrazione della fondazione	Cumuli	Giornaliera (in caso di impiego)	Classe C.N.R.-UNI
Emulsione bituminosa	Autobotte	Giornaliera	
Aggregati di integrazione del riciclato	Cumuli	Giornaliera	Granulometria, Umidità
Classi di fresato	Cumuli	Giornaliera	Granulometria del fresato; Granulometria degli aggregati estratti Percentuale di bitume, Umidità
Conglomerato Riciclato sfuso	Impianto di riciclaggio	2 prelievi giornalieri	Granulometria degli aggregati estratti; Percentuale di bitume; Percentuale di acqua.
Campioni di riciclato compattato in situ con pressa statica	Impianto di riciclaggio	Stabilita dalla Direzione Lavori	Densità e densità secca; Trazione indiretta a 25°C; Modulo di rigidità a 20° C.
Strato di riciclato al termine della rullatura	Pavimentazione	Ogni 50 m di stesa	Modulo dinamico E_{vd}
Strato di riciclato al termine della rullatura	Pavimentazione	2 rilievi al giorno oppure ogni 250 m di stesa	Regolarità, Spessore

6.10 CONGLOMERATI BITUMINOSI

6.10.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE PER LA CONFEZIONE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI. (A)

I conglomerati bituminosi, per qualsiasi impiego, saranno costituiti da miscele di aggregati lapidei, definiti dall'art.1 delle "Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" del C.N.R. fascicolo IV- 1953, e bitume, mescolati a caldo.

Sia i conglomerati bituminosi che i materiali loro componenti, avranno però caratteristiche diverse a seconda che vengano impiegati nella stesa degli strati di BASE di COLLEGAMENTO (binder) di RISAGOMATURA, di USURA o di RINFORZO TRANSITABILE o altro.

Le prescrizioni che le caratteristiche dei materiali dovranno soddisfare per i vari tipi di impiego sono riportate ai punti seguenti.

A.1) Aggregato grosso.

L'aggregato grosso è costituito dai pietrischetti e dalla frazione delle graniglie trattenute al crivello da 5 mm, i quali potranno avere provenienza e natura litologica anche diversa, ma dovranno comunque rispondere ai seguenti requisiti:

- *per strati di BASE:*

- perdita in massa alla prova Los Angeles, inferiore al 35 %;
- è ammessa la presenza di ghiaie e ghiaietti di natura alluvionale fino ad un rapporto massimo del 50 % in massa.

- *per strati di COLLEGAMENTO (binder) e di RISAGOMATURA:*

- perdita in massa alla prova Los Angeles, inferiore al 25 %;
- coefficiente di frantumazione, inferiore a 140 (IV categoria del fascicolo IVC. N.R. sopra richiamato).
- è ammessa la presenza di ghiaie e ghiaietti di natura alluvionale fino ad un rapporto massimo del 30 % in massa.

- *per strati di USURA e di RINFORZO TRANSITABILE:*

- perdita in massa alla prova Los Angeles, inferiore al 22 %;
- l'aggregato dovrà provenire interamente dalla frantumazione di rocce ignee (basaltiche) e/o sedimentarie (calcari e simili) aventi coefficiente di frantumazione inferiore a 120 (I categoria del fascicolo 4-C.N.R. sopra richiamato);
- indice dei vuoti delle singole pezzature, inferiore a 0,85.

A.1.1) Coefficiente di forma

I coefficienti di forma "Cf" e di appiattimento "Ca" (C.N.R. 95/84) devono essere per tutti gli strati _ 3 e _ 1.58.

A.1.2) Equivalente in sabbia

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature devono essere per tutti gli strati __80 % (C.N.R. 27/72).

In ogni caso, i pietrischetti e le graniglie dovranno essere costituiti da granuli sani, duri, non lamellari ma approssimativamente poliedrici, con spigoli vivi, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polveri o materiali estranei e dovranno inoltre risultare non idrofili.

In particolare, le caratteristiche dell'aggregato grosso dovranno essere tali da assicurare la realizzazione di una superficie di transito resistente allo slittamento degli autoveicoli in qualunque condizione ambientale e meteorologica: tale resistenza dovrà inoltre essere mantenuta entro limiti di sicurezza accettabili, per un periodo di almeno tre anni.

A.2) Aggregato fine.

L'aggregato fine è costituito dalla frazione delle graniglie passante al crivello da 5 mm e dalle sabbie sia naturali che, preferibilmente, di frantumazione le quali, comunque, dovranno soddisfare le prescrizioni dell'Art. 5 delle norme C.N.R. fascicolo 4-1953 sopra richiamato ed in particolare dovranno avere un equivalente in sabbia non inferiore a 55.

Le sabbie, in ogni caso, dovranno essere dure, vive, aspre al tatto e dovranno avere una granulometria idonea al conferimento della necessaria compattezza al conglomerato.

A.3) Argilla espansa.

Argilla espansa di tipo "strutturale" pezzatura: 3/11 mm resistenza del granulo allo schiacciamento _ 27 daN/cm² (vedi Norma UNI 7549 Parte 7°); coefficiente di levigatezza accelerata C.L.A. (C.N.R. B.U. n° 140 del 15.10.1992) > _0,65. Dall'analisi granulometrica la percentuale di trattenuto

al crivello diam. 10 mm dovrà essere inferiore o uguale al 10 % in peso; la percentuale di passante al crivello da 3 mm dovrà essere inferiore al 10 % in peso.

L'argilla espansa, in cantiere, deve essere convenientemente protetta dalla pioggia con teli di plastica o ammannita al coperto.

A.4) Additivi minerali (fillers).

Gli additivi minerali saranno costituiti da polveri di rocce preferibilmente calcaree o da cemento o calce idrata e dovranno risultare, alla vagliatura per via secca, interamente passanti al setaccio UNI da 0,18 mm e per almeno il 70 % al setaccio UNI da 0,075 mm.

A.5) Leganti bituminosi di base e modificati.

Il bitume da impiegare per la confezione dei conglomerati bituminosi, sarà esclusivamente del tipo solido e dovrà rispondere alle prescrizioni delle relative norme C.N.R.(G.U. n. 68 del 23 maggio 1978). Salvo diverso avviso del Direttore dei Lavori, in relazione alle condizioni climatiche locali, il bitume avrà una penetrazione di 50- 100 dmm.

Il Direttore dei Lavori potrà ordinare, per lo strato di usura, l'impiego di un idoneo attivante di adesione, nella proporzione ottimale risultante da apposite prove di laboratorio; in tal caso l'additivo dovrà essere aggiunto all'atto del travaso del bitume nella cisterna di deposito e dovrà essere opportunamente mescolato in maniera da ottenere una perfetta omogeneità di miscelazione.

Tale attivante di adesione sarà pagato con l'applicazione del relativo prezzo di elenco.

A.5.1) Leganti bituminosi semisolidi

I leganti bituminosi semisolidi sono quei leganti per uso stradale costituiti da bitumi di base e bitumi modificati (con appositi polimeri ed additivi, vedi tavola che segue).

Nella tavola sinottica sono riportate le categorie dei leganti per tipo di modifica e campi di applicazione.

TAVOLA SINOTTICA

CATEGORIA	SIGLA BITUME	POLIM. % INDICATIVA	POLIMERO TIPO	CAMPI DI APPLICAZIONE
Bitume di base	A	-	-	CB
Bitume Soft (°)	B	4,00	SBSr, SBSl, EVA	CBS
Bitume Hard	C	4 + 2	SBSr + SIS	CBH(°°), CBD, TSC, MT, MAD, MAMT, MAV, MAPCP
Bitume Hard per: Microtappeti a freddo, Riciclaggio in sito a freddo	D	6,00	SBSr, SBSl, EVA	MTF, CBRF
Bitume Hard per Sigillature, Tamponi, Viadotti, Cavalcavia	E	8,00	SBSr, SBSl, EVA, LDPE(°°°)	S, GT, CBV
Emulsioni bituminose cationiche	F ₁ , F ₂	-	-	MAF
Attivanti chimici funzionali	ACF	-	-	CBR(°°°°)

(°) Usato nei conglomerati bituminosi tradizionali se il bitume di base non raggiunge i minimi richiesti

(°°) Per aumentare la durata a fatica dei CB

(°°°) Modifica mediante Polietilene a bassa densità (LDPE) solo per CBV

(°°°°) Vengono usati per riattivare le caratteristiche reologiche dei bitumi nei CBR (strati di base, collegamento, usura)

SIGLA	CAMPO DI APPLICAZIONE
CB	Conglomerati bituminosi normali per strati di base, collegamento ed usura
CBS	Conglomerati bituminosi speciali per strati di base, collegamento ed usura, con bitume a modifica "Soft"
CBH	Conglomerati bituminosi speciali ad alta resistenza a fatica per strati di base, collegamento ed usura, con bitume a modifica "Hard"
CBR	Conglomerati bituminosi contenenti tra il 10% e il 20% di riciclato
CBD	Conglomerato bituminoso drenante fonoassorbente
CBRF	Conglomerato bituminoso riciclato in sito a freddo
MT	Microtappeti ad elevata rugosità (parzialmente drenanti)
CBV	Conglomerato bituminoso per viadotti
S	Sigillature
GT	Giunti a tampone
MAD	Mano di attacco per CBD
MAMT	Mano di attacco per MT
MAV	Mano di attacco per CBV (tra membrana poliuretanica e CBV)

SIGLA	POLIMERI E ADDITIVI
SBSr	Stirene-Butadiene-Stirene a struttura radiale
SBSl	Stirene-Butadiene-Stirene a struttura lineare
EVA	Etilene-Vinil-Acetato
LDPE	Polietilene a bassa densità
ACF	Attivanti Chimici Funzionali
FM	Fibre minerali (vetro)
FC	Fibre di cellulosa

A.5.2) Bitumi di base

I leganti bituminosi semisolidi sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione da raffineria (definiti di base) impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi tradizionali.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche riferite al prodotto di base "A" così come viene prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio.

I prelievi devono essere fatti secondo quanto prescritto dalla normativa C.N.R. 81/80.

			Bitume A (50/70)
Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25 °C	0,1 mm	EN 1426 C.N.R.24/71	50-70
Punto di rammolimento	°C	EN 1427 C.N.R.35/73	46-56
Punto di rottura (Fraass), max	°C	C.N.R.43/74	≤ -4
Valori dopo RIFOT (*)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163 °C, max.	%	C.N.R.54/77	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25 °C, min.	%	EN 1426 C.N.R.24/71	≥ 50
Incremento del Punto di rammolimento, max	°C	EN 1427 C.N.R.35/73	≤ 9

(*) Rolling Thin Film Oven Test

A.5.3) Bitumi modificati

I bitumi modificati rappresentano quei leganti per uso stradale di nuova generazione, che garantiscono una maggiore durata a fatica delle pavimentazioni rispetto a quelle impieganti bitumi di base o che permettano risultati altrimenti impossibili con i conglomerati normali.

La loro produzione deve avvenire in impianti industriali dove vengono miscelati i bitumi di base, opportunamente selezionati, con polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica e/o altre tipologie di modifica.

I bitumi modificati, in funzione del tipo di modifica, vengono così definiti:

- bitume con modifica "Soft";
- bitumi con modifica "Hard".

I bitumi con modifica "Soft" vanno impiegati nelle miscele di base, collegamento e usura, quando i bitumi di base non raggiungono le caratteristiche richieste, mentre devono essere tassativamente impiegati i bitumi a modifica "Hard" nelle miscele particolari salvo diversa indicazione.

Questi ultimi possono anche essere usati nelle miscele normali se richiesto nel progetto.

Per i bitumi modificati, sia “Soft” che “Hard”, il produttore deve certificare le seguenti caratteristiche: penetrazione a 25° C, punto di rammollimento prima e dopo la modifica, recupero elastico a 25° C e la stabilità allo stoccaggio.

I certificati di prova devono accompagnare il quantitativo trasportato.

La produzione potrà avvenire anche agli impianti di fabbricazione dei conglomerati bituminosi purché i bitumi ottenuti abbiano le caratteristiche richieste.

In questo caso i carichi di bitume di base destinati alla modifica devono essere testati almeno sul valore del punto di rammollimento e della penetrazione, mentre permane l'obbligo alla certificazione dei dati sopra indicati.

A.5.4) Bitumi con modifica “Soft”

Tali bitumi vanno usati quando i bitumi di base non rientrano nelle caratteristiche richieste.

La modifica deve conseguire i seguenti risultati:

- Bitume “Soft”- legante “B”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25° C	0,1 mm	EN 1426; C.N.R. 24/71	50 - 70
Δ Punto di rammollimento (°°) /valore minimo P.A.	°C	EN 1427; C.N.R. 35/73	≥ 14/50
Punto di rottura (Fraass), max	°C	C.N.R. 43/74	≤ -7
Viscosità dinamica a 160° C, $\dot{\gamma} = 100 \text{ s}^{-1}$, max	Pa*s	SN 67.1722a	≤ 0,4
Ritorno elastico a 25 °C, 50mm/min	%	EN 1427; C.N.R. 35/73	≥ 50
Stabilità allo stoccaggio, 3 d, a 180° C	°C	Vedi Norma	≤ 3
Δ Punto di rammollimento, max			
Valori dopo RIFOT (*°°)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163° C, max,	%	C.N.R. 54/77	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25° C , max	%	EN 1426; C.N.R. 24/71	≤ 40
Incremento del Punto di rammollimento, max	°C	EN 1427; C.N.R. 35/73	≤ 8

(°°) Incremento del P.A. rispetto al valore minimo di P.A. del bitume di base

(***) Rolling Thin Film Oven Test

A.5.5) Bitumi con modifica “Hard”

Le caratteristiche dei leganti con modifica “Hard” da impiegare per la realizzazione di:

conglomerati bituminosi “Hard” (CBH), conglomerati bituminosi drenanti (CBD);

microtappeti ad elevata rugosità (MT); mano di attacco per usure drenanti (MAD), mano di attacco per microtappeti (MAMT), mano di attacco tra membrane continue di impermeabilizzazione e pavimentazioni sulle opere d'arte (MAV); sigillature (S); giunti a tampone (GT); pavimentazioni di viadotti (CBV); sono riportate nelle tabelle che seguono.

- Bitume “Hard”- legante “C”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25° C	0,1 mm	EN 1426; C.N.R. 24/71	50-70
Δ Punto di rammollimento (°°) /valore minimo P.A.	°C	EN 1427; C.N.R. 35/73	≥ 22/68
Punto di rottura (Fraass), max	°C	C.N.R. 43/74	≤ -15
Viscosità dinamica a 160° C, $\dot{\gamma} = 100 \text{ s}^{-1}$, max	Pa*s	SN 67.1722a	≤ 0,8
Ritorno elastico a 25° C, 50 mm/min	%	DIN 52013; (C.N.R. 44/74 modificata)	≥ 70
Stabilità allo stoccaggio, 3 d, a 180° C Δ Punto di rammollimento, max	°C	Vedi Norma	≤ 3
Resistenza a fatica, $G^* \sin \square$, 1.0 kPa (0.145 psi), a 10 rad/s, 50° C	KPa	EN 1427; C.N.R. 35/73	≥ 9
Valori dopo RIFOT (***)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163° C, max,	%	C.N.R. 54/77	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25° C, max	%	EN 1426; C.N.R. 24/71	≤ 40
Incremento del Punto di rammollimento, max	°C	EN 1427; C.N.R. 35/73	≤ 5

(*) Si intendono polimeri elastomeri e/o termoplastici tipo : SBSr, la percentuale complessiva è indicativa

(°°) Incremento del P.A. rispetto al valore minimo di P.A. del bitume di base

(***) Rolling Thin Film Oven Test

- Bitume Hard - Legante “D” (**) (% di modificante/i (*) > 6 %)
Per conglomerati bituminosi riciclati a freddo.

Caratteristiche (****)	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25° C	0,1 mm	EN 1426; C.N.R. 24/71	50 - 70
□ Punto di rammollimento (°°°)/valore minimo P.A.	°C	EN 1427; C.N.R. 35/73	□ □ 20/66
Punto di rottura (Fraass), max	°C	C.N.R. 43/74	□ □ -15
Viscosità dinamica a 160° C, $\dot{\gamma} = 100 \text{ s}^{-1}$, max	Pa*s	SN 67.1722a	□ □ 0,8
Stabilità allo stoccaggio, 3 d, a 180° C □ Punto di rammollimento, max	°C	Vedi Norma	□ □ 3
Ritorno elastico a 25° C, 50 mm/min	%	DIN 52013; (C.N.R. 44/74 modificata)	□ □ 60
Valori dopo RIFOT (*****)			
Perdita per riscaldamento (volatilità) a 163° C, max,	%	C.N.R. 54/77	□ □ 0,8
Penetrazione residua a 25° C, max	%	EN 1426; C.N.R. 24/71	□ □ 50
Incremento del Punto di rammollimento, max	°C	EN 1427; C.N.R. 35/73	□ □ 10

(*) Si intendono polimeri elastomeri e/o termoplastici tipo: SBSr, SBSl, EVA, la percentuale complessiva è indicativa

(**) Da usare in emulsione con acqua, agenti emulsionanti e flussanti

(°°°) Incremento del P.A. rispetto al valore minimo di P.A. del bitume di base

(****) Valori determinati sul residuo secco ricavato per distillazione del prodotto emulsionato (C.N.R. 100/84)

(*****) Rolling Thin Film Oven Test

- Bitume Hard - legante “E” (% di modificante/i (*) > 8%)
Per sigillature, tamponi viscoelastici a caldo, conglomerati bituminosi da viadotti.

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25° C	0,1 mm	EN 1426; C.N.R. 24/71	100 - 150
□ Punto di rammolimento (°C) / valore minimo P.A.	°C	EN 1427; C.N.R. 35/73	□□24/70
Punto di rottura (Fraass), max	°C	C.N.R.43/74	□□-17
Viscosità dinamica a 160° C, $\dot{\gamma} = 100 \text{ s}^{-1}$, max	Pa*s	SN 67.1722a	□□0,8
Ritorno elastico a 25° C, 50 mm/min	%	DEN 52013; (C.N.R. 44/74 modificata)	□□70
Stabilità allo stoccaggio, 3 d, a 180° C	°C	Vedi Norma	□□3
□□ Punto di rammolimento, max			
Valori dopo RTFOT (*°°)			
EN 1427; C.N.R. 35/73	%	C.N.R. 54/77	□□0,8
Penetrazione residua a 25 °C, max	%	EN 1426; C.N.R. 24/71	□□50
Incremento del Punto di rammolimento, max	°C	EN 1427; C.N.R. 35/73	□□10

(*) Si intendono polimeri elastomeri e/o termoplastici tipo: SBSr, SBSI, EVA, LDPE, la percentuale complessiva è indicativa; LDPE è presente solo per le pavimentazioni da viadotto

(°°) Incremento del P.A. rispetto al valore minimo di P.A. del bitume di base

(***) Rolling Thin Film Oven Test

A.5.6) Emulsioni bituminose cationiche - legante "F1" e "F2"

Mani di attacco tradizionali per conglomerati bituminosi normali.

Caratteristiche	Unità	"F1" a rapida rottura	"F2" a media rottura
		Valore	Valore
Contenuto di bitume (residuo di distillazione), min	% in peso	> 53	> 54
Viscosità Engler a 20° C	°E	3/8	5/10
Carica delle particelle		Positiva	Positiva
Penetrazione a 25° C, max	1/10 mm	< 200	< 200
Punto di rammolimento	° C	≥ 37	≥ 37

A.5.7) Attivanti chimici funzionali (A.C.F.)

Detti composti chimici sono da utilizzare come additivi per i bitumi a modifica Soft tipo "B" in percentuali variabili come indicato nella tabella.

Gli A.C.F. rigenerano le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dalla fresatura di pavimentazioni bituminose (CBR), e rappresentano quei formulati studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati in miscele tradizionali.

In particolare gli ACF devono svolgere le seguenti funzioni:

- una energica azione quale attivante di adesione;
- peptizzante e diluente nei confronti del bitume invecchiato ancora legato alle superfici degli elementi lapidei costituenti il conglomerato fresato;
- plastificante ad integrazione delle frazioni malteniche perse dal bitume durante la sua vita;
- disperdente al fine di ottimizzare l'omogeneizzazione del legante nel conglomerato finale;
- antiossidante in contrapposizione agli effetti ossidativi dovuti ai raggi ultravioletti ed alle condizioni termiche della pavimentazione.

Gli ACF devono avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

CARATTERISTICHE CHIMICO - FISICHE	Valore
Densità a 25/25° C. (ASTM D - 1298)	0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a. (ASTM D - 92)	200° C
Viscosità dinamica a 60° C, $\dot{\gamma} = 100 \text{ s}^{-1}$ (SNV 671908/74)	0,03 - 0,05 Pa*s
Solubilità in tricloroetilene (ASTM D - 2042)	99,5 % in peso
Numero di neutralizzazione (IP 213)	1,5-2,5 mg/KOH/g
Contenuto di acqua (ASTM D - 95)	1 % in volume
Contenuto di azoto (ASTM D - 3228)	0,8 - 1,0 % in peso

A.6) Additivo stabilizzante.

L'uso delle fibre migliora le caratteristiche fisico-meccaniche dei conglomerati bituminosi modificati. Il loro impiego dipende dalla natura e qualità dei bitumi di base ed è previsto nelle curve di progetto.

A.6.1) Fibre di natura minerale (vetro)

Per bitumi, per usure drenanti, mani d'attacco e simili.

CARATTERISTICHE	Unità	Valore
Lunghezza media	μm	200 - 300
Diametro medio	μm	5 - 6
Superficie specifica	cm^2/g	3000,00
Resistenza alla trazione	GPa	1 - 2
Allungamento massimo	%	1,5 a 2,5
Tasso di infeltrimento	%	0,00
Resistenza alla temperatura	°C	550 - 650

A.6.2) Fibre di natura minerale (vetro) a filo continuo

Per bitumi, per microtappeti a freddo e simili.

CARATTERISTICHE	Unità	Valore
Peso del filo	tex (g/Km)	30 ± 2
Diametro medio del filo	μm	15 ± 1
Peso nominale/lineare della matassa	tex (g/Km)	2400 ± 15
Resistenza alla trazione	MPa	2400 ± 3400
Allungamento massimo	%	4,00
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 700

A.6.3) Fibre di cellulosa

La microfibrilla di cellulosa, veicolata da bitume, è un additivo stabilizzante ed addensante che impedisce la colatura del legante bituminoso nel conglomerato creando attorno all'inerte un mastice che garantisca la stabilità dello stesso. Tale prodotto dovrà essere aggiunto nella miscela di aggregati prima dell'aggiunta del legante bituminoso nelle dosi dallo 0,3 % allo 0,6 % sul peso degli aggregati, in funzione alla quantità di legante utilizzato.

Tale fibra dovrà essere aggiunta direttamente nel mescolatore dell'impianto di confezionamento dei conglomerati bituminosi tramite coclea dosatrice o macchinari idonei.

CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE	VALORE	UNITA'
Contenuto in cellulosa	> 80	%
Spessore medio	40	m
Lunghezza media	200 - 300	m
Massa volumica a 25°	80 - 100	G/l
Ph	7,0 ± 1,0	/
Assorbimento in olio	500 - 600	%

6.10.2 COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI. (B)

Le miscele di aggregati lapidei dovranno avere granulometrie continue comprese nei limiti sotto indicati e le relative curve granulometriche dovranno avere andamenti sostanzialmente paralleli alle curve limite dei rispettivi fusi.

Di tali limiti, le dimensioni massime dei granuli sono valori critici di accettazione, mentre i fusi granulometrici hanno valore orientativo nel senso che l'andamento delle curve granulometriche delle miscele potrà anche differire da quelli indicati, ma dovrà essere comunque tale da conferire ai conglomerati le caratteristiche di resistenza e compattezza Marshall rispettivamente prescritte.

Analogamente, i valori del contenuto di bitume sono indicati a titolo orientativo: gli effettivi valori, infatti, dovranno essere almeno pari ai minimi che consentano il raggiungimento delle rispettive caratteristiche Marshall.

A seconda degli strati cui sono destinati, i conglomerati bituminosi avranno le seguenti composizioni.

B.1) STRATO DI BASE.

La composizione del conglomerato dovrà essere realizzata tenendo conto delle seguenti indicazioni:

1) Limiti granulometrici della miscela di aggregati:

passante % al crivello UNI da mm	40	100
"	30	85 ÷ 100
"	25	70 ÷ 95
"	15	45 ÷ 70
"	10	35 ÷ 60
"	5	25 ÷ 50
passante % al setaccio UNI da mm	2	18 ÷ 38
"	0,4	6 ÷ 20
"	0,18	4 ÷ 14
"	0,075	3 ÷ 8

Le **caratteristiche** del conglomerato dovranno comunque rispettare le seguenti prescrizioni:

2) Limiti del contenuto di bitume: **3,8 % ÷ 4,8 %** in peso (C.N.R. 38/73)

3) Stabilità Marshall non inferiore a **800 daN** (C.N.R. 30/73)

4) Scorrimento Marshall: **2-4 mm**

5) Rigidezza non inferiore a **250 daN/mm** (C.N.R. 30/73)

6) Percentuale dei vuoti intergranulari riempiti di bitume: **55 ÷ 65 %**

7) Volume dei vuoti residui Marshall compreso fra **5 e 8 %**

8) Percentuale di compattazione in opera: **min 96 %** della densità Marshall

9) Percentuale dei vuoti residui **in opera** (C.N.R. 39/73) compreso fra **5 e 9 %**.

B.2) STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER).

La composizione del conglomerato dovrà essere realizzata tenendo conto delle seguenti indicazioni:

1) Limiti granulometrici della miscela di aggregati:

passante % al crivello UNI da mm	25	100
"	15	65 ÷ 85
"	10	55 ÷ 75
"	5	35 ÷ 55
passante % al setaccio UNI da mm	2	25 ÷ 38
"	0,4	10 ÷ 20
"	0,18	5 ÷ 15
"	0,075	3 ÷ 7

Le **caratteristiche** del conglomerato dovranno comunque rispettare le seguenti prescrizioni:

- 2) Limiti del contenuto di bitume: **4,2 % ÷ 5,0 %** in peso (C.N.R. 38/73)
- 3) Stabilità Marshall non inferiore a **1000 daN** (C.N.R. 30/73)
- 4) Scorrimento Marshall: **2-4 mm**
- 5) Rigidezza non inferiore a **300 daN/mm** (C.N.R. 30/73)
- 6) Percentuale dei vuoti intergranulari riempiti di bitume: **60 ÷ 75 %**
- 7) Volume dei vuoti residui Marshall compreso fra **4 e 7 %**
- 8) Percentuale di compattazione in opera: **min 96 %** della densità Marshall
- 9) Percentuale dei vuoti residui **in opera** (C.N.R. 39/73) compreso fra **4 e 8 %**.

B.3) STRATO DI RINFORZO TRANSITABILE (CONGLOMERATO PER STESE INTEGRATIVE).

La composizione del conglomerato dovrà essere realizzata tenendo conto delle seguenti indicazioni:

1) Limiti granulometrici della miscela di aggregati:

passante % al crivello UNI da mm	25	100
"	15	70 ÷ 90
"	10	57 ÷ 77
"	5	37 ÷ 57
passante % al setaccio UNI da mm	2	27 ÷ 40
"	0,4	12 ÷ 22
"	0,18	6 ÷ 16
"	0,075	4 ÷ 8

Le **caratteristiche** del conglomerato dovranno comunque rispettare le seguenti prescrizioni:

- 2) Limiti del contenuto di bitume: **4,5 % ÷ 5,3 %** in peso (C.N.R. 38/73)
- 3) Stabilità Marshall non inferiore a **1000 daN** (C.N.R. 30/73)
- 4) Scorrimento Marshall: **2-4 mm**
- 5) Rigidezza non inferiore a **300 daN/mm** (C.N.R. 30/73)
- 6) Percentuale dei vuoti intergranulari riempiti di bitume: **65 ÷ 75 %**
- 7) Volume dei vuoti residui Marshall compreso fra **4 e 7 %**
- 8) Percentuale di compattazione in opera: **min 96 %** della densità Marshall
- 9) Percentuale dei vuoti residui **in opera** (C.N.R. 39/73) compreso fra **4 e 8 %**.

B.4) STRATO DI USURA (TAPPETO).

La composizione del conglomerato dovrà essere realizzata tenendo conto delle seguenti indicazioni:

1) Limiti granulometrici della miscela di aggregati:

passante % al crivello UNI da mm	15	100
"	10	70 ÷ 90
"	5	40 ÷ 60
passante % al setaccio UNI da mm	2	25 ÷ 38
"	0,4	11 ÷ 20
"	0,18	8 ÷ 15
"	0,075	5 ÷ 8

Le **caratteristiche** del conglomerato dovranno comunque rispettare le seguenti prescrizioni:

- 2) Limiti del contenuto di bitume: **5,0 % ÷ 6,0 %** in peso (C.N.R. 38/73)
- 3) Stabilità Marshall non inferiore a **1000 daN** (C.N.R. 30/73)
- 4) Scorrimento Marshall: **2-4 mm**
- 5) Rigidezza non inferiore a **350 daN/mm** (C.N.R. 30/73)
- 6) Percentuale dei vuoti intergranulari riempiti di bitume: **67 ÷ 80 %**
- 7) Volume dei vuoti residui Marshall compreso fra **3 e 6 %**
- 8) Percentuale di compattazione in opera: **min 96 %** della densità Marshall
- 9) Percentuale dei vuoti residui **in opera** (C.N.R. 39/73) compreso fra **4 e 8 %**.

B.5) MICROTAPPETO AD ELEVATA RUGOSITA' SUPERFICIALE.

L'aggregato grosso (trattenuto al crivello da 5 mm) dovrà presentare una perdita in peso (Los Angeles) inferiore al 18 % ed un Coefficiente di Levigatezza Accelerata (C.L.A.) non inferiore a 45.

Il legante sarà composto da bitume modificato del tipo C Hard delle presenti norme.

Lo spessore dello strato sarà compreso tra 2,5 e 3 cm.

La composizione del conglomerato dovrà essere realizzata tenendo conto delle seguenti indicazioni:

- 1) Limiti granulometrici della miscela di aggregati:

passante % al crivello UNI da mm	15	100
"	10	90 ÷ 100
"	5	20 ÷ 30
passante % al setaccio UNI da mm	2	15 ÷ 25
"	0,4	8 ÷ 16
"	0,18	6 ÷ 12
"	0,075	5 ÷ 8

Le **caratteristiche** del conglomerato dovranno comunque rispettare le seguenti prescrizioni:

- 2) Contenuto di bitume **modificato riferito agli inerti**: **5,0 % ÷ 6,0 %** in peso (C.N.R. 38/73)
- 3) Stabilità Marshall non inferiore a **700 daN** (50 colpi per faccia) (C.N.R. 30/73)
- 4) Scorrimento Marshall: **2-4 mm**
- 5) Rigidezza Marshall non inferiore a **150 daN/mm** (C.N.R. 30/73)
- 6) -
- 7) Percentuale dei vuoti residui Marshall **≥ 10 %**
- 8) Percentuale di compattazione in opera: **min 96 %** della densità Marshall
- 9) Percentuale dei vuoti residui **in opera** (C.N.R. 39/73) **≥ 12 %**
- 10) Fibre minerali: quantità compresa tra **0,20 ÷ 0,30 %** della massa
- 11) Resistenza a trazione indiretta a 25° C (C.N.R. 134/91) **5 ÷ 8 daN/cm²**
- 12) Coefficiente di aderenza trasversale – C.A.T. (C.N.R. BU n° 147/92) **≥ 55**
- 13) Microrugosità superficiale (15-180 gg) (C.N.R. BU n° 147/92) **≥ 0,50**.

B.6) CONGLOMERATO BITUMINOSO CON ARGILLA ESPANSA AD ELEVATA ADERENZA E FONOASSORBENZA.

L'aggregato grosso (trattenuto al crivello da 5 mm) dovrà presentare una perdita in peso (Los Angeles) inferiore al 20 % ed un Coefficiente di Levigatezza Accelerata (C.L.A.) non inferiore a 42. L'argilla espansa di tipo resistente, dovrà essere aggiunta nella misura minima del 30% sul volume degli inerti.

Il legante sarà composto da bitume modificato del tipo C Hard delle presenti norme.

Lo spessore dello strato sarà compreso tra 3 e 3,5 cm.

La composizione del conglomerato dovrà essere realizzata tenendo conto delle seguenti indicazioni:

1) Limiti granulometrici della miscela di aggregati:

passante % al crivello UNI da mm	15	100
"	10	70 ÷ 100
"	5	40 ÷ 60
passante % al setaccio UNI da mm	2	25 ÷ 38
"	0,4	11 ÷ 20
"	0,18	8 ÷ 15
"	0,075	6 ÷ 10

Le **caratteristiche** del conglomerato dovranno comunque rispettare le seguenti prescrizioni:

2) Contenuto di bitume modificato riferito agli inerti: 5,0 % ÷ 6,0 % in peso (C.N.R. 38/73)

3) Stabilità Marshall non inferiore a 800 daN (50 colpi per faccia) (C.N.R. 30/73)

4) Scorrimento Marshall: 2-4 mm

5) Rigidezza Marshall non inferiore a 200 daN/mm (C.N.R. 30/73)

6) -

7) Percentuale dei vuoti residui Marshall compreso fra 4-7 %

8) Percentuale di compattazione in opera: min 96 % della densità Marshall

9) Percentuale dei vuoti residui in opera (C.N.R. 39/73) 8-12 %

10) Fibre minerali: quantità compresa tra 0,25 ÷ 0,40 % della massa

11) Resistenza a trazione indiretta a 25° (C.N.R. 134/91) 4,5 ÷ 7 daN/cm²

12) Coefficiente di aderenza trasversale – C.A.T. (C.N.R. BU n° 147/92) ≥ 60

13) Microrugosità superficiale (15-180 gg) (C.N.R. BU n° 147/92) ≥ 0,40.

B.7) CONGLOMERATO DRENANTE FONOASSORBENTE.

B.7.1) Descrizione

Lo strato di usura drenante e/o fonoassorbente è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, poca sabbia e filler, impastato a caldo con bitume modificato del tipo C Hard, che dopo compattazione presenta una porosità intercomunicante 4 o 5 volte superiore a quella di un tradizionale conglomerato per strato di usura.

Questo conglomerato dovrà essere steso su uno strato impermeabile realizzato in precedenza, in spessori generalmente compresi tra 4 e 5 cm ed è impiegato prevalentemente con le seguenti finalità:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale;
- abbattere il rumore prodotto dal rotolamento del pneumatico sulla strada.

B.7.2) Inerti

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi di norma totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, puliti, esenti da polvere e da materiali estranei, secondo le norme C.N.R. - BU n° 139/1992.

Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e degli additivi minerali (filler), oltre a eventuali addensanti (fibre minerali).

B.7.3) Aggregato grosso (frazione > 4 mm)

L'aggregato grosso sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura diversa anche se preferibilmente basaltica, aventi forma poliecirica a spigoli vivi, che soddisfino i seguenti requisiti:

• quantità di frantumato		80 ÷ 100 %
• perdita in peso Los Angeles LA	(C.N.R.-BU n° 34/1973)	< 18 %
• coefficiente di levigabilità accelerata CLA	(C.N.R.-BU n° 140/1992)	> 0,45
• coefficiente di forma LL Cf	(C.N.R.-BU n° 95/1984)	< 3
• coefficiente di appiattimento "Ca"	(C.N.R.-BU n° 95/1984)	< 1,58
• sensibilità al gelo	(C.N.R.-BU n° 80/1980)	< 20 %
• spogliamento in acqua 40° C	(C.N.R.-BU n° 138/1992)	= 0 %

B.7.4) Aggregato fine (frazione < 4 mm)

L'aggregato fine (frazione < 4 mm), sarà costituito da sabbie ricavate esclusivamente per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume con le seguenti caratteristiche:

• perdita in peso Los Angeles LA	(C.N.R. BU n° 34/73-Prova C)	< 25 %
• equivalente in sabbia ES	(C.N.R.- BU n° 27/1972)	> 70 %.

B.7.5) Filler (additivo minerale)

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- Alla prova C.N.R.-BU n° 23/1971 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:
 - Setaccio UNI n.0,42 passante in peso a secco 100 %
 - Setaccio UNI n.0,18 passante in peso a secco 95 %
 - Setaccio UNI n.0,075 passante in peso a secco 90 %
- più del 60 % della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio n. 0,075, deve passare a tale setaccio anche a secco.

B.7.6) Miscela

La miscela di aggregati lapidei ed additivo minerale (filler) da adottare per il conglomerato bituminoso di usura drenante dovrà presentare una granulometria complessiva ad andamento fortemente discontinuo compreso entro il fuso granulometrico seguente:

1) Limiti granulometrici della miscela di aggregati:

passante % al crivello UNI da mm	25	100
cc	15	22 ÷ 100
cc	10	18 ÷ 32
cc	5	14 ÷ 24
passante % al setaccio UNI da mm	2	10 ÷ 17
cc	0,4	7 ÷ 12
cc	0,18	6 ÷ 10
cc	0,075	5 ÷ 8

Per incrementare la capacità di fonoassorbimento del tappeto (abbattimento minimo di 4 dB rispetto ad una pavimentazione tradizionale) a richiesta della Direzione dei Lavori, parte dell'inerte grosso (fino ad un max del 30 %) potrà essere sostituita da argilla espansa del tipo resistente, compensata con il relativo prezzo d'elenco.

Le **caratteristiche** del conglomerato dovranno comunque rispettare le seguenti prescrizioni:

- 2) Contenuto di bitume **modificato riferito agli inerti: 4,5 % ÷ 5,5 %** in peso (C.N.R. 38/73)
- 3) Stabilità Marshall non inferiore a **600 daN** (50 colpi per faccia) (C.N.R. 30/73)
- 4) Scorrimento Marshall **2-4 mm**
- 5) Rigidezza Marshall non inferiore a **250 daN/mm** (C.N.R. 30/73)
- 6) ----

- 7) Percentuale dei vuoti residui Marshall $\geq 16\%$
- 8) Percentuale di compattazione in opera: **min 96 %** della densità Marshall
- 9) Percentuale di vuoti residui **in opera** (C.N.R. 39/73) $\geq 20 \%$
- 10) Fibre minerali: quantità compresa tra **0,25 ÷ 0,40 %** della massa
- 11) Resistenza a trazione indiretta a 25° (C.N.R. 134/91) $\geq 6 \text{ daN/cm}^2$
- 12) Coefficiente di aderenza trasversale – C.A.T. (C.N.R. BU n° 147/92) ≥ 55
- 13) Microrugosità superficiale (15-180 gg) (C.N.R. BU n° 147/92) $\geq 0,50$
- 14) Capacità drenante l/min ≥ 16 .

6.10.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE. (C)

L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica della miscela prelevata durante o dopo le lavorazioni, sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 per lo strato di base e per gli strati di binder e di ± 3 per gli strati di usura; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in ± 2 ; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm contenuti in $\pm 1,5$.

Gli scostamenti sopra elencati sono riferiti alla curva granulometrica proposta dall'Impresa ed approvata dalla Direzione Lavori, prima dell'inizio delle lavorazioni.

Tale curva granulometrica non dovrà superare i limiti del fuso prescritto per ogni tipo di conglomerato (Art. 28/B).

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,3$.

6.10.4 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE. (D)

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati.

Possono essere impiegati anche impianti continui purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Nel caso di eventuale impiego di conglomerato riciclato l'impianto deve essere attrezzato per il riscaldamento separato del materiale riciclato, ad una temperatura compresa tra 90° C e 110° C.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4 %.

Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25 % in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160° C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

6.10.5 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA. (E)

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per mano di ancoraggio si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, eventualmente applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Cationica 55 %</i>
Polarità	C.N.R. 99/84		Positiva
Contenuto di acqua % peso	C.N.R. 101/84	%	45 ± 2
Contenuto di bitume + flussante	C.N.R. 100/84	%	55 ± 2
Flussante %	C.N.R. 100/84	%	1 - 6
Viscosità Engler a 20° C	C.N.R. 102/84	°E	2 - 6
Sedimentazione a 5 g	C.N.R. 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25° C	C.N.R. 24/71	dmm	> 70
Punto di rammolimento	C.N.R. 35/73	°C	> 30

Per mano d'attacco si intende una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo), applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le caratteristiche ed il dosaggio del materiale da impiegare variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica (al 55 % oppure al 60 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella seguente dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,25 Kg/m².

<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Cationica 55 %</i>	<i>Cationica 60 %</i>
Polarità	C.N.R. 99/84		Positiva	Positiva
Contenuto d'acqua % peso	C.N.R. 101/84	%	35±2	40 ± 2
Contenuto di bitume + flussante	C.N.R. 100/84	%	55±2	60 ± 2
Flussante %	C.N.R. 100/84	%	1-4	1 - 4
Viscosità Engler a 20° C	C.N.R. 102/84	°E	4-8	5 - 10
Sedimentazione a 5 g	C.N.R. 124/88	%	< 8	< 8
<i>Residuo bituminoso</i>				
Penetrazione a 25° C	C.N.R. 24/71	dmm	> 70	> 70
Punto di rammolimento	C.N.R. 35/73	°C	> 40	> 40

Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente è suggerito, in particolare per strade extraurbane principali, l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate in Tabella seguente dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,35 Kg /m².

Prima della stesa della mano d'attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Modificata 70 %</i>
Polartà	C.N.R. 99/84		Positiva
Contenuto di acqua % peso	C.N.R. 101/84	%	30 ± 1
Contenuto di bitume+flussante	C.N.R. 100/84	%	70 ± 1
Flussante %	C.N.R. 100/84	%	0
Viscosità Engler a 20° C	C.N.R. 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	C.N.R. 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25°C	C.N.R. 24/71	dmm	50 - 70
Punto di rammolimento	C.N.R. 35/73	°C	> 65
Ritorno elastico a 25°C	EN 13398	%	>75

Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55 % di bitume residuo).

6.10.6 POSA IN OPERA DELLE MISCELE. (F)

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi. Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 125° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15 t.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 - 48 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,20 Kg /m² di bitume residuo.

La miscela bituminosa dei binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

6.10.7 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE. DETRAZIONI. (G)

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

La Direzione Lavori preleverà, in presenza di personale addetto dell'Impresa, campioni della miscela o della pavimentazione bituminosa eseguita da inviarsi a Laboratori Ufficiali per le prove di accettazione.

Tutti gli oneri relativi alle prove di cui sopra, in essi compresi quelli per il rilascio dei certificati, saranno a carico della Stazione appaltante, come previsto dal Decreto Ministero LL.PP. 19 Aprile 2000 n° 145, art. 15, comma 7.

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio **sulla miscela e sulle carote** estratte dalla pavimentazione. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella seguente.

Controllo dei materiali e verifica prestazionali				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2.500 t di stesa	Riferimento Tabella
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2.500 t di stesa	Riferimento Tabella
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2.500 t di stesa	Riferimento Tabella
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2.500 t di stesa	Riferimento Tabella
Base, Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base, Binder, Usura	Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote per densità in sito	Pavimentazione	Ogni 1.000 m di fascia di stesa	97 % del valore risultante dallo studio della miscela
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 300 m di fascia di stesa	BPN \geq 50 HS \geq 0,3 mm

Per gli strati di base, binder, usura, di norma sulla miscela e sulle carote verranno controllate:

- la curva granulometrica (1);
- la percentuale di bitume (2);
- la percentuale dei vuoti residui (10).

In caso di non rispondenza dei suddetti parametri alle prescrizioni, potranno essere effettuate ulteriori indagini e prove quali la stabilità, la rigidità ed il volume % dei vuoti residui, risultanti dalla prova Marshall eseguita con 75 colpi per faccia.

Inoltre potranno essere controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25° C (Brasiliana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume (Dm), stabilità e rigidità (C.N.R. 40173); percentuale dei vuoti residui (C.N.R. 39/73); perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (C.N.R. n. 121/87); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana C.N.R. 134/91).

Per lo strato di usura e per quello di collegamento, potrà essere richiesto il controllo della deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (C.N.R. 106/85). Il parametro J1 a 10°C deve essere compreso tra 25 e 40 cm²/daN*s) mentre lo Jp a 40° C deve essere compreso tra 14 x 10⁻⁶ e 26 x 10⁻⁶ cm² /daN*s).

G.1) Controllo dei conglomerati dopo la posa in opera e la rullatura.

A distanza di almeno 10 giorni dalla posa in opera dei conglomerati la Direzione Lavori potrà prelevare dei campioni (costituiti ciascuno da n° 3 carote) per il controllo delle seguenti caratteristiche:

- la granulometria degli aggregati (1);
- la percentuale di bitume (2);
- la percentuale dei vuoti residui (10).

Nel caso di strati antiscivolo (microtappeto ad elevata rugosità superficiale, conglomerato bituminoso con argilla espansa e conglomerato drenante fonoassorbente), si dovranno controllare le seguenti caratteristiche:

- coefficiente di aderenza trasversale (C.A.T.)
- microrugosità superficiale (HS)
- capacità drenante (solo per il conglomerato drenate).

Eventuali deficienze riscontrate nelle caratteristiche dei materiali impiegati potranno essere considerate, a giudizio della Direzione Lavori, accettabili sotto penale entro determinati limiti, ovvero non accettabili.

I materiali non accettabili sulla base dei controlli in corso d'opera, anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

L'accettazione penalizzata potrà comunque essere applicata esclusivamente nei casi e nei limiti sotto specificati.

Tutti i valori percentuali menzionati nel presente articolo sono intesi approssimati alla seconda cifra decimale.

G.2) Penali.

Relativamente alla granulometria degli aggregati (1), determinata sulle carote, ferma restando l'accettazione della miscela non conforme, per ogni scostamento superiore al 20 % dei limiti indicati all'Art. 28/C) (accettazione delle miscele), verrà applicata una detrazione del 5,00 % sul relativo prezzo di elenco.

Relativamente alla percentuale di bitume (2), ferma restando l'accettazione della miscela non conforme, per scostamento superiore al 20 % del limite indicato all'Art. 28/C) (accettazione delle miscele), verrà applicata una detrazione del 5,00 % sul relativo prezzo di elenco.

Per la percentuale dei vuoti residui (10), determinati sulle carote, potrà essere tollerato uno scostamento del volume percentuale fino al 50% dei rispettivi valori di accettazione; valori superiori comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa. Ferma restando l'accettazione della miscela non conforme verrà applicata una detrazione del 3,00 % sul prezzo di elenco per ogni punto percentuale, o frazione, di vuoti in più o in meno rispetto ai valori di accettazione (Tab. di pag. 149).

Per quanto riguarda le caratteristiche di **resistenza meccanica** dei conglomerati, verrà presa in considerazione soprattutto **la stabilità Marshall (3)**; potrà essere accettata una variazione in meno fino al 15 % dei rispettivi valori di accettazione.

La penalizzazione consisterà nella detrazione dello 0,40 % al relativo prezzo di elenco per ogni punto percentuale di variazione in meno ammessa.

Per gli strati antiscivolo e per il tappeto drenante, sia l'aderenza (**resistenza di attrito radente (13) (14) (15)**) misurata con lo Skid Tester secondo la norma C.N.R. 105/85 deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number), che l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia C.N.R. 94/83, deve essere come da tabella.

Qualora il valore medio di BPN o HS, per ciascuna tratta, sia inferiore ai valori prescritti, lo strato viene penalizzato del 10 % del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di BPN o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 30 e 0,15 mm, potrebbe essere prescritta l'asportazione completa con fresa dello strato e la stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si potrà procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 20 % del prezzo. Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.

Tutte le detrazioni sopra definite sono cumulabili, fino ad un massimo complessivo del 30% del relativo prezzo di elenco.

G.3) Controllo della superficie di transito.

Entro 10 giorni dalla ultimazione degli strati soggetti direttamente al traffico, potranno essere eseguiti i controlli della regolarità superficiale, sia in direzione longitudinale che trasversale, mediante la prova col regolo di 4 m, nonché, per i manti di usura ad elevata rugosità superficiale, i controlli della resistenza allo scivolamento mediante la prova col pendolo.

I valori di zona costituiti dalla media dei valori misurati in 5 punti scelti sulla medesima traiettoria parallela all'asse stradale alla distanza di 10 m l'uno dall'altro, dovranno risultare ovunque superiori a 55.

Tali valori, inoltre, non dovranno differire, dopo circa 2 mesi di assoggettamento al traffico, più di 2 punti da quelli ottenuti nelle medesime rispettive zone della pavimentazione appena ultimata.

G.4) Controllo dello spessore.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5 %.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,00 % del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Carenze superiori al 20 % dello spessore di progetto potranno comportare la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'impresa, ovvero l'integrazione fino allo spessore di progetto.

6.10.8 NORME DI MISURAZIONE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI (H)

Si possono verificare i seguenti due casi:

- **a superficie di manto steso.**

Sarà misurato in base alla superficie eseguita, intendendosi compensato nel prezzo unitario ogni magistero, nolo di macchine, trasporto, sfrido ed onere per la pulizia e la depolverizzazione del piano di posa, qualora non compensata con il relativo prezzo di elenco, confezione e stesa dei conglomerati bituminosi alle temperature prescritte, il rigoroso livellamento e cilindratura nello spessore prescritto secondo il piano stradale finito.

Esclusa solo la fornitura e posa in opera del legante di ancoraggio.

- **a peso di conglomerato fornito.**

In tutti i casi il prezzo di elenco compensa i magisteri, **i costi di pesatura**, anche per le eventuali maggiori distanze di trasporto occorrenti per raggiungere un peso pubblico sia durante la determinazione del peso lordo che della tara, i noli, ogni onere per la pulizia e la depolverizzazione del piano di posa, confezione e stesa dei relativi conglomerati bituminosi alle temperature prescritte, il rigoroso livellamento e cilindratura nello spessore prescritto secondo il piano stradale finito.

Esclusa solo la fornitura e posa in opera del legante di ancoraggio.

Si precisa che la determinazione del peso lordo e della tara dovrà sempre essere effettuata per ogni autocarro e per ogni viaggio, presso un peso pubblico o comunque accettato dalla Direzione Lavori.

Le pesature di cui sopra, dovranno essere effettuate in contaddittorio con l'Impresa.

6.11 SISTEMAZIONI IDRAULICHE

La difesa idraulica del corpo stradale si realizza mediante opere atte ad agevolare lo smaltimento delle acque meteoriche, impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, assicurare la stabilità delle scarpate ed eventualmente convogliare sversamenti accidentali sulla carreggiata di inquinanti liquidi negli appositi recapiti protetti.

6.11.1 CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA (A)

Le acque defluenti dal corpo stradale o dall'esterno (per esempio dal pendio, per strade a mezza costa o in trincea) vengono raccolte in piccoli canali, detti rispettivamente cunette o fossi di guardia che possono essere in scavo naturale o rivestiti.

Il rivestimento delle cunette e dei fossi di guardia può essere realizzato con calcestruzzo gettato in opera o con elementi prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato (c.a.v.).

A.1) Rivestimento in cls

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, deve essere eseguito in cls con conglomerato cementizio per opere di fondazione $R_{ck} \geq 25$ Mpa gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa. La lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

A.2) Elementi in c.a.v.

Gli elementi prefabbricati devono essere in c.a.v. avente $R_{ck} \geq 30$ Mpa, armato con rete di acciaio a maglie saldate, del tipo FeB 44 k in fili del diametro non inferiore a 6 mm.

Gli elementi possono avere forma trapezoidale o a L, secondo i disegni di progetto.

Lo spessore deve essere non inferiore a 7 cm e le testate debbono essere sagomate ad incastro a mezza pialla.

I manufatti prefabbricati devono essere posti in opera su letto di materiale arido, perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura. I giunti devono essere stuccati con malta dosata a 400 Kg/m³ di cemento.

6.11.2 CADITOIE STRADALI (B)

Le caditoie stradali sono dispositivi opportunamente sagomati che raccolgono le acque defluenti nelle cunette poste ai lati delle strade o ai bordi di superfici scolanti. Le caditoie sono costituite da un pozzetto di raccolta interrato ispezionabile e manutentibile con un dispositivo di coronamento (griglia) o di chiusura (chiusino).

B.1) Pozzetti

I pozzetti di raccolta delle acque sono costruiti in opera o prefabbricati: possono essere realizzati in muratura o con conglomerato cementizio. Le dimensioni e le caratteristiche dei materiali sono descritte negli elaborati di progetto.

I pozzetti in c.a.v., devono essere in conglomerato cementizio armato e vibrato ed avere le seguenti caratteristiche:

- $R_{ck} \geq 30$ Mpa;
- armatura con rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni.

B.2) Griglie e chiusini

Le griglie ed i chiusini vengono impiegati a chiusura di pozzetti e canalette. Tutti gli elementi costruttivi devono essere conformi alle norme UNI-EN 124.

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o simili, il passo d'uomo deve avere diametro uguale o superiore a 600 mm.

Griglie, chiusini ed i rispettivi telai di appoggio devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante la norma di riferimento, la classe corrispondente, la sigla e/o il nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono indicate negli elaborati di progetto.

6.11.3 EMBRICI (C)

L'allontanamento delle acque di piattaforma stradale può avvenire tramite scivoli che adducono l'acqua fino al piede della scarpata. Le canalette devono estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina fino al fosso di guardia. L'elemento più alto è detto invito, i successivi embrici.

Gli embrici sono costituiti da elementi prefabbricati in c.a.v. realizzati con conglomerato cementizio Rck ≥ 25 Mpa ed aventi misure di cm 50/40x50x20 e spessore > 5 cm.

Prima della posa in opera, l'Impresa deve avere cura di effettuare lo scavo di imposta in funzione della forma dell'elemento e realizzare il piano d'appoggio in modo che risulti debitamente costipato, per evitare eventuali cedimenti dei singoli pezzi.

La sommità degli scivoli che si dipartono dal piano viabile deve risultare raccordata con la pavimentazione e con l'arginello, mediante apposito imbocco in calcestruzzo gettato in opera o prefabbricato con Rck ≥ 25 Mpa.

6.11.4 TUBAZIONI (D)

Le tubazioni per la raccolta e lo smaltimento delle acque dal corpo stradale sono di norma realizzate in conglomerato cementizio vibrato (c.a.v.), in P.V.C. rigido o in acciaio.

I tubi devono essere calati negli scavi con mezzi adeguati a preservarne l'integrità e disposti nella giusta posizione per l'esecuzione delle giunzioni.

I singoli elementi devono essere depositati il più possibile vicino al posto di montaggio, così da evitare spostamenti notevoli lungo lo scavo.

Salvo quanto riguarda la formazione delle giunzioni, ogni tratto di condotta deve essere disposto e rettificato in modo che l'asse della tubazione unisca con uniforme pendenza diversi punti fissati con appositi picchetti, così da realizzare esattamente l'andamento planimetrico ed altimetrico stabilito nelle planimetrie e nei profili di progetto o comunque disposti dalla Direzione Lavori. Non sono tollerate contropendenze in corrispondenza di punti in cui non fossero previsti scarichi; ove ciò si verificasse, l'Impresa a proprie spese deve rimuovere le tubazioni e ricollocarle in modo regolare come da progetto.

Nessun tratto di tubazione deve essere posato in orizzontale. I bicchieri devono essere possibilmente rivolti verso la direzione in cui procede il montaggio, salvo prescrizioni diverse da parte della Direzione Lavori.

Gli assi dei tubi consecutivi appartenenti a tratte di condotta rettilinea devono essere rigorosamente disposti su una retta. Si ammettono deviazioni fino ad un massimo di 5° (per i 190 giunti che lo consentano), allo scopo di permettere la formazione delle curve a largo raggio. I tubi devono essere disposti in modo da poggiare per tutta la loro lunghezza.

Le tubazioni devono essere interrate in uno scavo delle dimensioni previste in progetto, sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento. Qualora sia previsto, le tubazioni devono essere poste in opera su platea in conglomerato cementizio ed eventualmente rinfiancate. Il conglomerato per la platea ed i rinfianchi deve essere di classe Rck ≥ 25 Mpa.

In tutti gli attraversamenti stradali, ove non fossero presenti cunicoli o controtubi di protezione, si deve provvedere all'annegamento dei tubi in sabbia, curando che il rinterro sulla generatrice superiore non sia inferiore ad 1 m. Ove si dovessero attraversare dei manufatti, deve evitarsi di murare le tubazioni negli stessi, curando al tempo stesso la formazione di idonei cuscinetti fra tubo e muratura a protezione anche dei rivestimenti.

Le giunzioni devono essere eseguite secondo la migliore tecnica relativa a ciascun tipo di materiale, con le prescrizioni e le specifiche di dettaglio indicate dal fornitore; non sono ammesse perdite di alcun genere.

D.1) Tubi in c.a.v.

Le tubazioni in c.a.v. devono essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, oppure estrusi, con dimensione massima dell'inerte grosso pari a 1/4 dello spessore della parete del tubo e Rck ≥ 30 Mpa.

Le tubazioni in c.a.v. devono avere sezione a corona circolare di spessore uniforme, superfici interne lisce e prive di irregolarità, sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che deve essere sigillato in opera con malta di cemento e con guarnizioni.

I tubi autoportanti potranno essere armati ed avere spessore tale da sopportare, oltre alla ricopertura, carichi stradali di I° Categoria.

D.2) Tubi in P.V.C.

Le tubazioni in P.V.C. rigido devono essere costituite da elementi in policloruro di vinile, rigido non plastificato con giunti a bicchiere che devono essere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma. Devono rispondere per tipo e caratteristiche alle norme UNI EN 1401 tipo SN4 SDR41 e SN4 SDR51.

Ogni elemento deve riportare il "marchio di conformità" I.I.P. n° 103 UNI 312.

6.11.5 DRENAGGI (E)

Per impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale si possono realizzare canali drenanti e filtri drenanti al piede di rilevati. Si realizzano drenaggi anche per la raccolta e l'allontanamento di acque di infiltrazione e per riempimenti a tergo di strutture di contenimento.

I drenaggi per il risanamento del corpo stradale e delle zone circostanti, inclusi nel progetto, devono essere eseguiti procedendo da monte verso valle per ottenere la regimazione delle acque ed un deflusso regolare.

Per la protezione dei canali e dei filtri dall'intasamento causato da percolazione di parti limose e/o argillose, il drenaggio può essere avvolto in un telo di geotessuto.

E.1) Drenaggi del corpo stradale

Per la realizzazione di canali drenanti e per drenaggi da eseguirsi a tergo di strutture, si devono impiegare materiali aridi costituiti da ciottoli o pietrame di cava.

Il materiale deve essere pulito compatto ed uniforme, sano e privo di parti alterate. Le dimensioni del materiale di norma devono essere comprese fra i 3 ed i 20 cm, comunque conformi alle specifiche prescrizioni di progetto.

Le opere di drenaggio devono essere realizzate secondo le disposizioni riportate nei disegni di progetto; i riempimenti a tergo di strutture devono essere eseguiti a struttura finita e nel caso di strutture in c.a., al termine del relativo periodo di stagionatura.

La Direzione Lavori deve accertare la bontà del materiale e la corrispondenza alle caratteristiche tecniche di progetto.

Le caratteristiche fisiche del pietrame devono essere accertate seguendo le norme per la determinazione della massa volumica dei granuli (C.N.R. 63/78), per la determinazione della gelività (C.N.R. 80/80) e per la determinazione del coefficiente di imbibizione (C.N.R. 137/92). Le caratteristiche meccaniche del pietrame devono essere determinate seguendo quanto riportato nelle Norme EN 1926/99 per la prova di resistenza alla compressione.

Durante l'esecuzione dei lavori, la Direzione Lavori può prelevare dei campioni del materiale fornito (uno ogni 100 m³ di fornitura) per sottoporli a prove di controllo presso laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

E.2) Tubazioni perforate per drenaggi

E.2.1) Tubi in c.a.v.

Le tubazioni in c.a.v. devono essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, con dimensione massima dell'inerte grosso pari a 1/4 dello spessore della parete del tubo e $R_{ck} > 30$ Mpa.

Le caratteristiche, i requisiti, le modalità di posa in opera ed i controlli sono le medesime di quelle contenute nel paragrafo delle tubazioni in c.a.v.

E.2.2) Tubi in P.V.C. rigido

Le tubazioni in P.V.C. rigido devono essere costituite da tubi in policloruro di vinile rigido plastificato con giunti a bicchiere o manicotto, del tipo non scorrevole ottenuti mediante incollaggio.

Le caratteristiche, i requisiti, le modalità di posa in opera ed i controlli sono le medesime di quelle contenute nel paragrafo delle tubi in P.V.C. rigido.

E.2.3) Tubi in polietilene

Le tubazioni devono essere costituite da tubi in polietilene a doppio strato, flessibili, lisci internamente, corrugati esternamente, con giunti a manicotto.

E.2.4) Tubi in lamiera d'acciaio ondulata

I tubi per drenaggio avranno struttura portante costituita da lamiera d'acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco, in modo che una sezione normale alla direzione dell'onda rappresenti una linea simile ad una sinusoide.

L'acciaio della lamiera ondulata, dello spessore minimo di mm 1,2 - con tolleranza UNI (Norme UNI 2634) dovrà avere carico unitario di rottura non inferiore a 340 Mpa e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo le Norme UNI 5744-66 e 5745-75 con 480 grammi nominali di zinco per metro quadrato.

Di norma l'ampiezza dell'onda sarà di mm 38 (pollici 1, 1/2) ed una profondità di mm 6,35 (1/4 di pollice).

Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 0,9 cm (tolleranza 0,1 cm) che saranno distribuiti in serie longitudinale con interasse di 38 mm, tutti disposti in un quarto di tubo. I singoli tronchi, di lunghezza non superiore a 9 m, saranno uniti tra loro mediante fasce di giunzione da fissare con bulloni.

6.11.6 GEOTESSILI (F)

Quando occorra proteggere i drenaggi in materiale arido da possibili inquinamenti da materiale coesivo può essere usato il geotessile con funzione di filtro, così da evitare il passaggio delle componenti fini del terreno naturale.

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotrope, ottenuto da fibre 100 % polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura, salvo che per processi di finitura del prodotto. I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata: a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

I geotessili debbono presentare superficie scabra, essere imputrescibili ed atossici, essere resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore) ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Debbono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. Il materiale deve rispondere ai requisiti minimi riportati nella tabella seguente:

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Peso	UNI 5114	g/m ²	Secondo progetto
Resistenza a trazione su striscia di cm 5	UNI 8639	KN/m	18
Allungamento	UNI 8639	%	60
Lacerazione	UNI 8279/9	KN/m	0,50
Punzonamento	UNI 8279/14	KN	3
Permeabilità radiale all'acqua	UNI 8279/13	cm/s	0,8
Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95 % in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile		µm	< 100

6.12 OPERE IN VERDE

6.12.1 Generalità

Le presenti Norme regolano l'esecuzione:

- delle opere in verde per l'inserimento dell'strada nel paesaggio; della sistemazione a verde, nelle aree progettualmente previste, delle stazioni, delle aree di servizio e di parcheggio, dei punti singolari, dei reliquati, della banchina centrale spartitraffico;
- degli eventuali lavori preliminari per la preparazione delle zone d'impianto;
- dei lavori di manutenzione degli impianti a carico dell'Appaltatore fino al completo attecchimento delle piante, compresi delle sostituzioni delle essenze arboree per le eventuali fallanze.

6.12.2 Caratteristiche dei vari materiali

6.12.2.1 Terreno vegetale

Il terreno da fornire per il ricarico, la livellazione e le riprese d'aree destinate agli impianti, per il riempimento dell'aiuola centrale spartitraffico tradizionale od allestita con doppio N.J., dovrà essere a reazione neutra e quindi possedere un pH dell'estratto acquoso compreso fra 6,8 e 7,2.

Solo per questo parametro possono valere delle specificazioni diverse in ordine a particolari esigenze di pH per alcune specie vegetali.

Le caratteristiche tessiturali dovranno essere quelle di un terreno di "medio impasto" o "franco" o "terra a tessitura equilibrata" che si compone, in via indicativa, di:

	Diametro	(%)
sabbia	2 - 0,02 mm	35 - 55
limo	0,02 - 0,002 mm	25 - 45
argilla	< 0,002 mm	10 - 25

e di una frazione trascurabile d'elementi con diametro compreso fra i 2 e i 20 mm (scheletro).

I parametri chimici che devono essere sempre analizzati, dovranno invece possedere i "valori normali" che vengono di seguito indicati.

Analisi chimica	
	Valori "normali"
reazione	pH = 6,8 - 7,3
calcare totale	-
calcare attivo (%)	-
sostanza organica	2 %
azoto totale	N = 1,5 - 2 %
fosforo assimilabile	P ₂ O ₅ = 50 - 80 ppm *
potassio scambiabile	K ₂ O = 100 - 200 ppm *
magnesio scambiabile	50 - 100 ppm
ferro assimilabile	2,5 ppm
manganese assimilabile	1,0 ppm
zinco assimilabile	0,5 ppm
rame assimilabile	0,2 ppm

* Per il fosforo e il potassio alcuni laboratori esprimono i risultati in termini di P e K Tali risultati possono essere trasformati nei corrispondenti P₂O₅ e K₂O moltiplicandoli rispettivamente per 2,3 e 1,2

I "valori normali" della sostanza organica, del fosforo e del potassio definiscono le "sufficienze" per le colture arboree, ma possono anche variare per delle specifiche esigenze. Il calcare va considerato sia nel totale che come calcare attivo (in soluzione) in quanto influisce negativamente sull'assorbimento del ferro e dei fertilizzanti fosfatici (per retrogradazione).

Le deficienze riscontrate fra i dati dell'analisi ed i "valori normali", dovranno essere corrette con la somministrazione d'ammendanti e/o concimi secondo la risultanza d'appropriati calcoli.

La concimazione organica di base può essere effettuata in alternativa con letame maturo, con humus o con sottoprodotti organici come lettiera sfruttate nella coltivazione artificiale dei funghi, da scarti di lavorazione animale (cuoiattoli, cornunghia, ecc.), dell'industria tessile (cascami di lana), di vinacce esauste, alghe, compost, ecc..

Per avere un quadro completo delle caratteristiche pedologiche sarà necessario sottoporre ad analisi, in numero adeguato, campioni di suolo che siano rappresentativi. È opportuno pertanto raccogliere campioni in punti diversi e per ciascun punto procedere al prelievo in:

- un solo orizzonte (0-200 mm) nel caso di rivestimenti erbacei;
- due diversi orizzonti (0-200 mm; 500-800 mm) nel caso d'impianti arbustivi e/o arborei.

I campioni prelevati ad una stessa quota ma in punti diversi devono essere mescolati in modo da ottenere un unico campione del peso indicativo di circa 2 kg. I campioni prelevati ed etichettati dovranno venire inviati a Laboratori Ufficiali per l'analisi fisico e chimica.

Si precisa inoltre che nel terreno vegetale non è ammessa la presenza di radici, d'altre parti legnose o di qualunque altro materiale o sostanza fitotossica.

6.12.2.2 Concimi minerali ed organici

I concimi sono utilizzati:

- per costruire nel terreno da fornire o sul quale si vuole effettuare un impianto, un'adeguata ed omogenea dotazione d'elementi nutritivi dimostratisi carenti alle analisi di Laboratorio; nel tal caso si parlerà di concimazione di fondo;
- per mantenere la funzione nutritiva del terreno proporzionalmente alle asportazioni, nel qual caso si parla di concimazione di copertura.

Gli elementi che risultano indispensabili sono N, P, K, Ca, MG, S: questi sono denominati macroelementi perché assorbiti in gran quantità.

Gli elementi richiesti in quantità minima sono invece chiamati microelementi e sono: Mn, B, Zn, Mo, Fe.

I concimi sono classificati in base a:

- lo stato fisico: si hanno concimi polverulenti, granulari e liquidi;
- il titolo: indica la percentuale in peso di sostanza attiva rispetto al prodotto commerciale;

- la reazione chimica e fisiologica: ci sono concimi acidi (es. perfosfato), alcalini (es. calciocianammide, scorie Thomas), o neutri che possono comportarsi come fisiologicamente acidi (es. solfato ammonico, cloruro di potassio) o fisiologicamente alcalini (es. nitrato di calcio o di sodio);
- il numero degli elementi apportati: quelli "semplici" portano al terreno un solo elemento (azotati, fosfatici e potassici); quelli "complessi" due o tre elementi (binari o ternari) in forma di granuli;
- la rapidità d'azione: possono essere differenziati in concimi a pronto effetto (es. nitrati) e a lento effetto (es. perfosfato, scorie Thomas). Ultimamente sono andati diffondendosi i concimi "azotati a lenta cessione" o "ritardati".

Questi concimi fissano l'azoto in modo graduale grazie a particolari accorgimenti presi in fase produttiva quali:

- impiego di sostanze a bassa solubilità;
- rivestimento dei granuli con materiali poco permeabili;
- incorporamento di paraffine, gelatine, argille, ecc.;
- aggiunta d'inibitori della microflora (es. ureasi).

I concimi da usare dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale, avere titolo dichiarato e in caso di concimi complessi avere un rapporto, azoto - fosforo - potassio, precisato. Dovranno inoltre essere consegnati negli involucri originali di fabbrica.

I fertilizzanti organici (letame, residui organici vari, ecc.) dovranno essere forniti o raccolti solo presso fornitori o luoghi approvati dalla Direzione Lavori che si riserva comunque la facoltà di richiedere le opportune analisi, prima e durante la posa in opera.

Anche nel caso di fornitura di concimi organici industriali, questi dovranno essere consegnati negli involucri originali di fabbrica. La scelta e le condizioni d'impiego dei prodotti deve comunque essere approvata dalla Direzione Lavori.

6.12.2.3 Prodotti fitosanitari

La scelta e le condizioni d'impiego dei prodotti fitosanitari sono subordinate alle disposizioni legislative vigenti in materia e all'approvazione della Direzione Lavori. Tutti i prodotti dovranno comunque essere consegnati negli involucri originali di fabbrica.

Nel comparto della lotta antiparassitaria, a fronte dei problemi ambientali connessi ad un largo uso, o abuso, di prodotti antiparassitari, sono da preferirsi quei metodi d'intervento che sono denominati "lotta guidata" o "vigilata".

6.12.2.4 Materiale vivaistico

Con il termine materiale vivaistico s'individua tutto il complesso delle piante (alberi, arbusti, tappezzanti, ecc.) e delle sementi occorrenti per impieghi paesaggistici, inclusa la siepe centrale spartitraffico, per interventi biotecnici anti-inquinamento acustico.

Il materiale da fornire dovrà rispondere per genere, specie, compresa l'eventuale entità sottospecifica (varietà e/o cultivar) e dimensioni a quanto indicato nel Progetto.

Il materiale dovrà provenire da strutture vivaistiche dislocate in zone limitrofe o comunque assimilabili, da un punto di vista fitoclimatico, a quelle d'impianto al fine di garantire la piena adattabilità del materiale alle caratteristiche pedo-climatiche del luogo d'impiego.

Dette strutture vivaistiche devono essere dotate d'idonee organizzazioni di produzione nonché di collaudati centri di ricerca e sperimentazione nel settore forestale e nell'arboricoltura e di un ampio patrimonio di conoscenze ed esperienze tecnico-scientifiche.

Ciò al fine di garantire:

- un'opportuna e mirata sperimentazione, per individuare, nell'ambito dei vari lavori, le caratteristiche genetiche (provenienza, varietà, cultivar, cloni brevettati, ecc.) ottimali, in funzione delle utilizzazioni specifiche;
- l'ottimizzazione delle tecniche di moltiplicazione e d'allevamento, finalizzate sempre al soddisfacimento degli scopi prefissi.

Tutto il materiale vivaistico dovrà essere esente da attacchi parassitari (in corso o passati) d'insetti, malattie crittogamiche, virus, altri patogeni, deformazioni e/o alterazioni di qualsiasi natura che possano compromettere il regolare sviluppo vegetativo e il portamento tipico della specie, varietà e cultivar.

Il materiale vivaistico dovrà essere sempre fornito di dichiarazione, da effettuarsi su apposite Schede di Valutazione del Materiale Vivaistico, dalle quali risulti:

- vivaio di provenienza;
- genere, specie, eventuali entità sottospecifiche;
- origine;
- identità clonale per il materiale da moltiplicazione vegetativa;
- regione di provenienza per il materiale di produzione sessuale;
- luogo ed altitudine di provenienza per il materiale non proveniente dal materiale di base ammesso dalla normativa vigente;
- applicazione, nella fase di coltivazione in vivaio, di particolari tecniche d'allevamento che limitino e/o eliminino l'incidenza degli oneri manutentori.

L'apparato radicale di tutto il materiale vivaistico dovrà essere ricco di piccole ramificazioni e di radici capillari sane e, secondo quanto disposto nei documenti d'appalto, dovrà essere o a radice nuda, o racchiuso in contenitore (vaso, cassa, mastello di legno o in plastica) con relativa terra di coltura, o in zolla rivestita (paglia, plant plast, juta, rete metallica, fitocella).

L'apparato radicale dovrà comunque avere uno spiccato geotropismo positivo.

6.12.2.4.1 Alberi

Devono avere la parte aerea a portamento e forma regolari, simile agli esemplari cresciuti spontaneamente, sviluppo robusto, non filato e che non dimostri una crescita troppo rapida o stentata per eccessiva densità di coltivazione in vivaio, per terreno troppo irrigato, per sovrabbondante concimazione ecc..

Dovranno rispondere alle specifiche indicate nei documenti d'appalto per quanto riguarda le seguenti caratteristiche:

- circonferenza del tronco misurata ad un metro da terra;
- altezza totale;
- altezza d'impalcatura misurata dal colletto al ramo più basso;
- diametro della chioma misurato in corrispondenza delle prime ramificazioni per le conifere, a due terzi dell'altezza per le latifoglie, in corrispondenza alla proiezione a terra della chioma per i cespugli.

Gli alberi dovranno essere trapiantati un numero di volte sufficiente secondo le buone regole vivaistiche, con l'ultima lavorazione delle radici risalente a non più di tre anni.

Le forniture in contenitore costituiranno comunque titolo preferenziale anche per quelle per le quali è espressamente richiesta una fornitura in zolla o a radice nuda.

Le dimensioni dei contenitori e/o delle zolle, nel caso in cui sia espressamente richiesta la fornitura in tale forma, dovranno essere proporzionate alle dimensioni delle singole piante.

6.12.2.4.2 Piante esemplari

Con il termine "esemplari" s'intende far riferimento ad alberi ed arbusti di grandi dimensioni che somigliano, per forma e portamento, agli individui delle stesse specie cresciuti liberamente e quindi con particolare valore ornamentale.

Queste piante devono essere state opportunamente preparate per la messa a dimora; devono cioè essere state zollate secondo le necessità e l'ultimo trapianto o zollatura deve essere avvenuto da non più di due anni. La zolla deve essere stata imballata a perfetta regola d'arte (juta, rete metallica, doghe, casse, plant plast, ecc.) al fine di garantire un corretto e armonico sviluppo della pianta; tali involucri di protezione dovranno essere imprescindibilmente rinforzati, qualora le singole piante superino altezze di 3,50 m, con rete metallica, con pellicola di plastica porosa o altro materiale equivalente.

Le piante esemplari sono evidenziate a parte nei documenti contrattuali.

6.12.2.4.3 Arbusti, tappezzanti, rampicanti

Devono avere una massa fogliare ben formata e regolare a densità costante a decorrere dalla base; devono possedere un minimo di tre fusti a partire dal colletto e rispondere alle specifiche indicate nei documenti d'appalto per quanto riguarda altezza e/o diametro della chioma.

6.12.2.4.4 Sementi

Devono essere conformi al genere e specie richiesti nei documenti d'appalto.

Devono essere fornite nelle confezioni originali, sigillate e munite di certificato d'identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza, di germinabilità e della data di scadenza stabilita dalle leggi vigenti.

La mescolanza delle sementi di specie diverse da quelle indicate nei documenti d'appalto, qualora non disponibili in commercio, dovrà essere effettuata alla presenza della Direzione Lavori.

6.12.2.5 Pacciamatura

È la tecnica agronomica che consiste nel ricoprire la superficie del suolo con materiali di varia natura, in modo da impedire o limitare lo sviluppo della vegetazione infestante e ottenere altri vantaggi.

I materiali utilizzabili per mettere in atto questa tecnica possono essere:

- incoerenti degradabili: corteccia di piante arboree resinose uniformemente sfibrata e sminuzzata in spezzoni di dimensioni comprese fra 30x10 mm e 70x30 mm, con un tasso d'umidità inferiore al 20%, libera da insetti e preventivamente trattata con prodotti antimicotici;
- incoerenti non degradabili: materiale lapideo tipo argilla espansa con granuli di dimensioni da 4 mm a 10 mm, inerte sia chimicamente che fisicamente, in grado di creare un campo isolante che mantenga stabile la temperatura e il tenore d'umidità del terreno.

La Direzione Lavori, su richiesta dell'Appaltatore, potrà autorizzare l'impiego di paccime approvvigionato sfuso su autocarri a condizione che i campioni prelevati e sottoposti ad analisi di laboratorio risultino idonei all'impiego specifico.

6.12.2.6 Torba

Questo materiale, sia di provenienza estera che nazionale, dovrà avere reazione acida con pH non inferiore a 3,5.

Deve inoltre presentarsi non eccessivamente umidificata, libera da erbe infestanti, formata in prevalenza da Sphagnum ed Eriophorum ed essere confezionata in balle compresse e sigillate.

6.12.2.7 Acqua

L'acqua per l'irrigazione d'impianto e per tutti gli altri usi manutentori deve essere assolutamente esente da fattori inquinanti che possono derivare da attività industriali e/o da scarichi urbani o essere costituiti da acque salmastre che per la presenza di sali in concentrazione eccessiva (salinità), o per loro natura (alcalinità), possono provocare danni alla vegetazione.

La Direzione Lavori provvederà a far valutare le caratteristiche chimiche dell'acqua.

6.12.2.8 Tappeti erbosi in strisce e zolle

Nel caso in cui fosse necessario il rapido inerbimento delle superfici, l'Appaltatore dovrà fornire zolle e/o strisce erbose costituite con le specie prative richieste nei documenti d'appalto (es. cotico naturale, miscuglio di graminacee e leguminose, prato monospecifico, ecc.).

Prima del trasporto a piè d'opera l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione Lavori campioni del materiale che intende utilizzare; analogamente, nel caso che fosse richiesto del cotico naturale, l'Appaltatore dovrà prelevare le zolle soltanto in luoghi approvati dalla Direzione Lavori.

Le zolle erbose, a seconda delle esigenze, delle richieste e delle specie che costituiscono il prato, dovranno essere fornite in forme regolari rettangolari, quadrate o a strisce.

Al fine di non pregiudicare la compattezza, le strisce dovranno essere consegnate arrotolate e le zolle in pallet; in ogni caso dovranno essere evitati danni dovuti alla fermentazione e alla mancata esposizione alla luce del materiale; in tal senso il materiale non dovrà essere lasciato accatastato o arrotolato.

Il materiale dovrà presentarsi completamente rivestito dalla popolazione vegetale e non dovrà presentare soluzioni di continuità. La larghezza del materiale dovrà essere di circa 50 cm con uno spessore di 2-4 cm per raccogliere la maggior parte dell'intrico di radici delle erbe che la costituiscono e poter trattenere tutta la terra vegetale.

6.12.2.9 Pali tutori e legature

Per fissare al suolo le piante arboree con altezza superiore o uguale ad 1 m l'Appaltatore dovrà fornire pali di sostegno (tutori) adeguati per numero, diametro ed altezza alle dimensioni delle piante. I pali tutori devono essere di legno, diritti, scortecciati, appuntiti dalla parte dell'estremità di maggior diametro. La parte appuntita dovrà essere resa imputrescibile per un'altezza di 100 cm circa. In alternativa, su autorizzazione della Direzione Lavori, si potrà fare uso di pali di legno industrialmente preimpregnati di sostanze imputrescibili. Analoghe caratteristiche d'imputrescibilità dovranno avere anche i picchetti di legno per l'eventuale bloccaggio a terra dei tutori. Le legature in filo di ferro nudo non possono essere utilizzate; dovranno invece essere impiegati speciali collari in adatto materiale elastico (cinture di gomma, nastri di plastica, ecc.), oppure corda di canapa.

6.12.3 Esecuzione dei lavori

6.12.3.1 Prescrizioni generali

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte secondo il miglior magistero.

Tutte le opere non eseguite a perfetta regola d'arte secondo le prescrizioni impartite, dovranno essere demolite e ricostruite a cura e spese dell'Appaltatore.

Di qualsiasi operazione si tratti, ogni residuo prodotto deve essere debitamente smaltito all'esterno delle pertinenze stradali in aree autorizzate, fatte salve le vigenti Norme di Legge, a meno di diverse disposizioni contrattuali o di un diverso impiego in loco dei soli residui vegetali (interramento, pacciamatura), privo di controindicazioni e comunque autorizzato dalla Direzione Lavori.

È fatto assoluto divieto di bruciare i residui delle lavorazioni in conformità alle Leggi e ai Regolamenti vigenti in materia.

In ogni caso al termine di qualsiasi operazione il piano viabile e la segnaletica orizzontale devono risultare ripuliti da ogni residuo vegetale o di terra.

Nell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore dovrà:

- rispettare tutti i picchetti posti in opera, compresi quelli che sono serviti da capisaldi nella costruzione del corpo stradale; curarne la conservazione ricollocando quelli che eventualmente possano essere manomessi durante il corso dei lavori previsti;
- provvedere ad eseguire tutti gli interventi necessari per il regolare smaltimento delle acque di pioggia e/o d'irrigazione onde evitare erosioni superficiali e/o ristagni che possano danneggiare gli impianti.

All'atto della consegna dei lavori ed in conformità a quanto previsto dai documenti d'appalto sarà effettuata la delimitazione delle aree da sistemare a verde e dell'aiuola centrale spartitraffico da impiantare, prendendo come riferimento le progressive chilometriche dell'strada.

6.12.3.2 Preparazione delle zone d'impianto

Prima di effettuare gli impianti l'Appaltatore è tenuto ad eseguire le operazioni preliminari di seguito specificate.

Solo per gli impianti di cui ai successivi artt. 41.3.5 e 41.3.6 le operazioni necessarie alla preparazione delle zone d'impianto appresso indicate, sono comunque a carico dell'Appaltatore.

6.12.3.2.1 Pulizia generale del terreno

Qualora nell'area oggetto dell'intervento sia presente della vegetazione indesiderata e/o materiali di risulta (laterizi, pietre, calcinacci, materiali estranei, ecc.) l'Appaltatore provvederà ad eliminare completamente tali elementi di disturbo alle operazioni d'impianto.

In particolare gli interventi sulla vegetazione indesiderata, sia essa arborea od arbustiva, saranno eseguiti nel rispetto delle "prescrizioni di massima e di Polizia Forestale territorialmente competente".

Per il taglio delle sole piante arboree latifoglie, è richiesto anche la rimozione della ceppaia. Questa avverrà con impiego di trivella tritratrice avente diametro minimo di 0,50 m, per una profondità di 0,70 m, allo scopo di evitare l'assoluto ricaccio di polloni; l'Appaltatore dovrà provvedere, successivamente, al ripristino del profilo naturale del terreno. Nel corso della pulizia generale del sito d'impianto, ove i documenti contrattuali lo prevedano, l'Appaltatore dovrà provvedere a recuperare e/o conservare, anche con interventi di dendrochirurgia, eventuali piante di particolare valore estetico esistenti nell'area da sistemare. Contemporaneamente allo sgombero del materiale legnoso di risulta, si dovrà effettuare anche lo sgombero delle ramaglie, delle frasche e del materiale estraneo presente. L'Appaltatore, per il trasporto e il successivo conferimento a discarica dovrà attenersi a quanto disposto dalle norme vigenti in materia di Smaltimento dei Rifiuti.

6.12.3.2 Lavorazione del terreno

Qualora le condizioni dell'area e/o la valenza ed il tipo d'impianto lo richiedano, il Progetto prevederà interventi di preparazione agraria del terreno dove andrà eseguito l'impianto.

Si dovrà provvedere a lavorare il terreno fino ad una profondità massima di 30-40 cm. La lavorazione dovrà di norma essere eseguita con mezzi meccanici e potrà essere una semplice fresatura o un intervento d'aerazione o decompattamento con "ripper".

Nel corso di quest'operazione l'Appaltatore dovrà rimuovere gli eventuali ostacoli sotterranei (sassi, pietre, radici, ecc.) che potrebbero impedire la corretta esecuzione dei lavori, provvedendo anche ad accantonare e conservare, su ordine della Direzione Lavori, eventuali preesistenze naturali con particolare valore estetico (rocce, massi, ecc.) e tutti gli altri materiali che possano essere utilizzati nella sistemazione.

L'esecuzione delle lavorazioni avverrà in periodo d'andamento climatico favorevole, in funzione anche della natura del terreno il quale si deve trovare in tempera (40-50% della capacità totale per l'acqua).

Prima dell'esecuzione degli interventi l'Appaltatore è tenuto a darne tempestivo avviso alla Direzione dei Lavori affinché questa possa disporre per eventuali controlli in merito ai prodotti e alle modalità di lavoro.

6.12.3.3 Tracciamenti

Dopo aver eseguito le operazioni di preparazione e comunque prima della messa a dimora delle piante, l'Appaltatore sulla scorta dei disegni di Progetto, predisporrà, a sua cura e spese, la picchettatura delle aree d'impianto segnando con picchetti la posizione nella quale dovranno essere eseguite le piantagioni singole quali alberi, arbusti ed altre piante e tracciando sul terreno il perimetro delle piantagioni omogenee (tappezzanti, siepi, macchie d'arbusti rimboschimenti, ecc.).

Prima di procedere alle operazioni di piantagione, dovrà comunque ottenere il benestare della Direzione dei Lavori.

6.12.3.4 Esecuzione degli impianti

6.12.3.4.1 Trasporto del materiale vivaistico

Il trasporto del materiale vivaistico deve essere effettuato con tutte le precauzioni necessarie, affinché giunga sul luogo d'impiego nelle migliori condizioni.

Il tempo intercorrente fra il prelievo in vivaio e la messa a dimora deve essere il più breve possibile e anche in questo caso devono comunque essere prese tutte le precauzioni necessarie per la conservazione delle piante e per evitare traumi o disseccamenti, nonché danni da gelo.

6.12.3.4.2 Preparazione del materiale vivaistico prima della messa a dimora

Prima della messa a dimora le eventuali piccole e limitate lesioni del tronco dovranno essere curate nei modi più opportuni.

Per il materiale da fornirsi a radice nuda occorre sottoporre le radici ad una moderata potatura, in modo tale da eliminare quelle lesionate, disseccate, morte o contorte, rinnovare e migliorare i tagli eseguiti in vivaio e asportare il fittone (se presente) eseguendo in tutti i casi tagli netti su tessuti sani.

Nel caso che il materiale sia fornito in contenitori o in zolla, è necessario rimuovere i contenitori o gli eventuali involucri della zolla, eliminare le radici danneggiate o malformate e rimuovere parte del suolo periferico del pane di terra per consentire un miglior contatto fra lo stesso ed il terreno di riempimento della buca.

6.12.3.4.3 Messa a dimora del materiale vivaistico

Le buche per l'impianto del materiale vivaistico devono essere predisposte prima dell'arrivo del materiale stesso ed avere le dimensioni indicate nel Progetto.

Nelle buche predisposte per la messa a dimora di piante arboree con altezza superiore o uguale a 1,00 m, e prima del loro posizionamento, andranno collocati i tutori.

Il tutore deve affondare di almeno 0,30 m oltre il fondo della buca.

In rapporto alla pianta il tutore deve essere posto in direzione opposta al vento dominante.

Per piante arboree con altezza superiore o uguale a 3,00 m, in funzione del volume della chioma, può rendersi necessaria un'armatura formata da più paletti, opportunamente controventati alla base con ulteriori paletti infissi saldamente nel terreno e sporgenti circa 0,20 m dal livello del terreno.

Qualora si dovessero presentare problemi di natura particolare (mancanza di spazio, esigenze estetiche, ecc.) i pali di sostegno, su autorizzazione della Direzione Lavori, potranno essere sostituiti con ancoraggi in corda d'acciaio muniti di tendifilo.

Sul fondo della buca aperta per la messa a dimora di ciascuna delle categorie di cui si compone il materiale vivaistico, dovrà quindi essere posto del terreno vegetale, con l'esclusione di ciottoli e/o di materiali comunque impropri per la vegetazione, sul quale sarà sistemato l'apparato vegetale.

Tutte le categorie di materiale vivaistico devono essere collocate nella buca in modo tale che il colletto si trovi a livello del fondo della conca d'irrigazione.

Il terreno da utilizzare per il definitivo riempimento della buca, dovrà essere mescolato con un adeguato quantitativo di concimi minerali complessi, del tipo azotati a lenta cessione o ritardati e concime organico, o torba nei quantitativi necessari.

La compattazione del terreno di riempimento dovrà essere eseguita con cura e per strati successivi in modo da non danneggiare le radici, non squilibrare la pianta, che deve restare dritta e non creare sacche d'aria.

La terra al piede della pianta va inoltre sistemata in modo tale da formare intorno al colletto una piccola conca (formella) d'irrigazione.

Per favorire il compattamento del terreno di riempimento ed il perfetto assestamento dello stesso attorno alle radici, si dovrà irrigare abbondantemente la pianta messa a dimora attraverso l'apposita conca. Come indicazioni di massima, la quantità d'acqua necessaria alle diverse categorie di soggetti vegetali, per questo tipo d'irrigazione, sono le seguenti:

Tipologia vegetale	altezza del materiale	volume di acqua / individuo
alberi	oltre i 3,00 m	35 - 50 l
alberi	fino a 3,00 m	10 - 15 l
piantine forestali, arbusti	-	5 - 8 l

Le legature fra la pianta arborea e il tutore dovranno essere disposte in modo che attraverso la loro azione, il tutore serva d'appoggio alle piante. La legatura più alta va quindi disposta di norma a circa 0,20 m al di sotto delle prime ramificazioni, la più bassa ad un metro dal suolo.

Per evitare danni alla corteccia è indispensabile interporre, fra tutore e fusto, un idoneo cuscinetto antifrizione in materiale adatto. A livello della chioma dovranno essere eliminati i rametti danneggiati, troppo deboli, molto vicini, avendo cura di stabilire un equilibrio tra la porzione aerea e quella radicale ed eseguendo un taglio di formazione della chioma, in modo da conferire la forma desiderata rispettando l'habitus naturale della specie.

Dopo il trapianto, la pianta deve risultare ben ferma così da poter radicare regolarmente senza il pericolo di rottura delle radici sottili di nuova formazione.

6.12.3.5 Semine di prati

La realizzazione del manto erboso potrà essere eseguita con metodo secco (semina manuale o meccanica) o con metodo umido (idrosemina con attrezzature a pressione).

- Metodo secco: l'Appaltatore è tenuto a provvedere alla preparazione del terreno su cui sarà eseguita la semina; questo dovrà risultare debitamente liberato da qualsiasi materiale di rifiuto (pietrame, cocci, radici, ecc.) e finemente sminuzzato.

Contemporaneamente a tali lavorazioni l'Appaltatore dovrà somministrare almeno 5 q/ha di concime binario (P - K) a titolo 18-20 e procedere alla semina del miscuglio, opportunamente mescolato, nel quantitativo e nelle specie previste dai documenti contrattuali. Successivamente il terreno dovrà essere sottoposto a leggera rastrellatura manuale o meccanica per favorire l'interramento del concime e del miscuglio, seguita da un'opportuna rullatura per la perfetta adesione dei materiali con il terreno.

Su pendii leggeri o superfici pianeggianti si può ricorrere alla semina meccanizzata. A germinazione avvenuta, l'Appaltatore è tenuto a somministrare almeno 2 q/ha di concime azotato con titolo 15/16. L'Appaltatore è tenuto a dare tempestivo avviso alla Direzione dei Lavori, affinché questa possa effettuare l'eventuale prelevamento di campioni e possa verificare la qualità e la quantità prescritta, restando comunque a suo carico le eventuali operazioni di risemina, nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme.

- Metodo umido o idrosemina: in tutte le situazioni che per giacitura, per le insufficienti caratteristiche fisicochimiche dei terreni e per la scarsa accessibilità, nelle quali è difficoltoso o sconsigliabile l'impiego del metodo secco, i documenti contrattuali prescriveranno l'idrosemina.

L'Appaltatore procederà al rivestimento di tali superfici mediante lo spargimento meccanico a mezzo d'idrosemiatrice a pressione, in grado di effettuare l'irrorazione a distanza, con diametro degli ugelli tale da non lesionare i semi e consentire lo spargimento omogeneo dei materiali.

Con l'idrosemina s'irriga una miscela in soluzione acquosa costituita da:

- acqua in quantità idonea alle diluizioni richieste;
- miscela di sementi nel quantitativo e specie previsti nel Progetto;
- collante in quantità idonea al fissaggio dei semi e alla creazione di una pellicola antierosiva sulla superficie del terreno, senza inibire la crescita e favorendo il trattenimento dell'acqua nel terreno nelle fasi iniziali di sviluppo;
- concime organico e/o inorganico nella quantità e qualità prevista nei documenti contrattuali;
- altri ammendanti e inoculi nella quantità e qualità prevista nei documenti contrattuali.

La miscelazione dei componenti dovrà avvenire in loco, onde evitare fenomeni di stratificazione gravitativa dei semi all'interno della cisterna, alla presenza della Direzione Lavori.

Anche per questo metodo, l'Appaltatore è tenuto a dare tempestivo avviso alla Direzione dei Lavori, affinché questa possa effettuare il prelevamento di campioni e possa verificarne la qualità e la quantità prescritta, restando in ogni modo a suo carico le eventuali operazioni di risemina, nel caso che la germinazione non avvenisse in modo regolare ed uniforme.

6.12.3.6 Rimboschimento con semenzali e impianto di talee

Sulle superfici preparate e concimate come ai precedenti punti, l'Appaltatore procederà all'impianto di semenzali o talee, secondo le previsioni di Progetto e/o le prescrizioni della Direzione Lavori, in ragione di cinque/sei piantine per metro quadrato, disposte a quinconce su file parallele al ciglio strada.

L'Appaltatore è libero di effettuare l'impianto nel periodo che riterrà più opportuno, tenuto conto naturalmente del tempo previsto per l'ultimazione dei lavori, restando comunque a suo carico l'onere della sostituzione delle fallanze.

L'impianto potrà essere fatto a mano od a macchina, comunque in modo tale da poter garantire l'attecchimento ed il successivo sviluppo regolare e rapido.

Prima della messa a dimora delle piantine a radice nuda, l'Appaltatore avrà cura di regolare l'apparato radicale, rinfrescando il taglio delle radici ed eliminando le ramificazioni che si presentassero appassite, perite o eccessivamente sviluppate, impiegando forbici a doppio taglio ben affilate.

Sarà inoltre cura dell'Appaltatore trattare l'apparato radicale con una miscela di terra argillosa e letame bovino diluita in acqua.

L'Appaltatore avrà cura di approntare a piè d'opera il materiale vivaistico perfettamente imballato, in maniera da evitare fermentazioni e disseccamenti durante il trasporto.

Le piantine o talee dovranno presentarsi in stato di completa freschezza e con vitalità necessarie al buon attecchimento.

Negli impianti di talee, queste dovranno risultare del diametro minimo di 1,5 cm, di taglio fresco ed allo stato verde e tale da garantire il ripollonamento.

Qualora i materiali non rispondessero alle caratteristiche di cui sopra la Direzione Lavori n'ordinerà l'allontanamento dal cantiere.

6.12.3.7 Protezione scarpate in trincea con stuoie biodegradabili paglia e fibre vegetali

Su scarpate in trincea, precedentemente preparate (asportazione di pietre, radici e vegetazione infestante, regolarizzazione del terreno) e seminate, l'Appaltatore stenderà le stuoie, srotolandole lungo le linee di massima pendenza, sovrapponendole sui bordi longitudinali per almeno 10-15 cm ed interrando sui bordi superiore ed inferiore in trincee della profondità di almeno 20 cm.

Le stuoie, costituite da una stuoia di paglia e fibre vegetali contenuta fra due reti di polipropilene del peso di 1,00 kg per metro quadrato, dovranno essere ancorate al terreno mediante picchetti in ferro tondo Ø 8 mm, sagomati ad U, della lunghezza di 50 cm, disposti lungo le linee di sovrapposizioni delle stuoie, in ragione di due picchetti per metro quadrato.

6.12.3.8 Protezione di scarpate in trincea mediante stuoie in materiale termoplastico

Preliminarmente l'Appaltatore dovrà regolarizzare le scarpate asportando pietre, radici e vegetazione infestante, colmando le buche e spianando i rilievi.

Procederà quindi alla stesa della stuoia costituita da monofilamenti in poliammide resistente ai raggi UV, aggrovigliati e termosaldati.

La stuoia è strutturata in due strati tra loro termosaldati nei punti di contatto: lo strato superiore a maglia tridimensionale e quello inferiore a maglia piatta, per uno spessore complessivo non inferiore a 18 mm e peso a metro quadrato di 0,40-0,45 kg.

Le stuoie dovranno essere srotolate lungo le linee di massima pendenza, sovrapponendole sui bordi longitudinali per almeno 10 - 15 cm ed interrando sui bordi superiore ed inferiore in trincee della profondità di almeno 20 cm.

Dovranno aderire perfettamente al terreno di posa ed esservi ancorate con picchetti in ferro tondo del diametro di 8 mm, sagomati ad U, della lunghezza di 50 cm, disposti lungo le linee di sovrapposizione delle stuoie, in ragione di due picchetti per metro quadrato.

Completata la posa in opera, le stuoie dovranno essere interrate con uno strato di terra vegetale dello spessore medio di 5 cm che dovrà intasare completamente gli alveoli della struttura.

6.12.4 Manutenzione degli impianti e cure culturali

Dopo aver eseguito i lavori previsti nei documenti d'appalto, l'Appaltatore dovrà eseguire a sua cura e spese, tutta una serie di lavori di manutenzione e di pratiche culturali, atte a garantire la piena efficienza degli impianti per un periodo non inferiore a 2 stagioni vegetative dall'ultimazione dei lavori, compresi anche degli oneri per la sostituzione delle eventuali fallanze.

In particolare si precisa che le specie prescelte per la sistemazione in argomento sono adatte alla specifica zona fitoclimatica attraversata dal tronco stradale e pertanto dovranno essere allevate e governate rispettando la forma naturale delle specie stesse, senza ricorrere a particolari forme di potatura ed allevamento a meno che non sia stato espressamente richiesto dai documenti d'appalto. Durante il periodo di manutenzione, l'Appaltatore dovrà offrire tutta la propria esperienza professionale, al fine di ottenere un impianto per quanto possibile perfetto, effettuando tutte le cure culturali e di manutenzione, senza che la Direzione dei Lavori debba sollecitare di volta in volta i diversi interventi che si rendessero necessari.

Per questo motivo l'Appaltatore dovrà attenersi, nel modo più scrupoloso, alla migliore tecnica che consenta di garantire appieno, l'attecchimento ed il rapido sviluppo delle piante collocate a dimora e la buona riuscita di tutti i lavori eseguiti.

Le pratiche colturali che dovranno essere eseguite dall'Appaltatore, con la tecnica più razionale e con la più sollecita tempestività, sono le seguenti:

A - per la manutenzione di piante arboree, arbustive, rampicanti, tappezzanti e degli "esemplari"

- 1 - Sostituzione fallanze;
- 2 - Ripristino conche d'irrigazione, rinalzi delle piante e ripristino tutorazioni e ancoraggi;
- 3 - Potature e spollonature;
- 4 - Scerbature e sarchiature.

B - per la manutenzione dei prati seminati e dei tappeti erbosi a strisce e/o zolle

- 5 - Taglio delle erbe nelle zone seminate e tosatura dei tappeti erbosi;
- 6 - Rinnovo parti difettose nelle zone seminate e nei tappeti erbosi.

C - per la manutenzione sia delle piante arboree, arbustive, rampicanti, tappezzanti e degli "esemplari" sia dei prati seminati dei tappeti erbosi a strisce e/o zolle e delle relative zone d'impianto

- 7 - Concimazioni chimiche;
- 8 - Trattamenti anticrittogamici e insetticidi;
- 9 - Adacquamenti;
- 10 - Assolcature e ripristino danni causati da erosione.

6.13 MURATURE

6.13.1 Norme generali

I tipi e gli spessori delle murature sono quelli indicati in Progetto.

I laterizi, il pietrame ed i blocchetti in calcestruzzo dovranno essere bagnati all'atto dell'impiego fino a sufficiente saturazione. Dovranno essere messi in opera in corsi regolari con commessure ben riempite di malta. Prima di dare inizio alla esecuzione delle murature dovrà essere richiesto il benestare della Direzione Lavori sulla idoneità del piano d'appoggio.

Murature nelle quali dovesse riscontrarsi l'impiego di materiali scadenti o difetti d'esecuzione saranno rifiutate, restando a carico dell'Appaltatore l'onere per la demolizione e il successivo rifacimento.

Dovrà essere curato in ogni particolare l'esecuzione di spigoli, sguinci, spalle, mazzette, strombature, incassature, immorsature, canne, piattabande, pilastri, pilastrini, lesene, ecc..

Dovranno essere lasciati i necessari fori, tracce, incavi, canalizzazioni per il passaggio e l'installazione d'impianti d'ogni tipo e degli scarichi, per la posa in opera dei controtelai di norma in legno d'abete e degli infissi, per gli ancoraggi di strutture, per i rivestimenti e per quant'altro sia posto in opera dopo l'esecuzione delle murature.

Quanto sopra allo scopo di evitare lo scalpellamento o la demolizione anche parziale della muratura, il cui onere in ogni caso deve ritenersi a totale carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore dovrà adottare i provvedimenti ritenuti più opportuni per proteggere le murature dal gelo nel periodo invernale.

Le dosature dei materiali componenti le malte dovranno essere eseguite con mezzi capaci d'esatta misurazione che l'Appaltatore dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

L'impasto dei materiali dovrà essere ottenuto con idonei mescolatori meccanici.

Gli impasti dovranno essere preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato.

I residui impasti che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego, dovranno essere portati a rifiuto.

6.13.2 Murature di mattoni

I mattoni, all'atto dell'impiego dovranno essere abbondantemente bagnati per immersione sino a sufficiente saturazione.

Essi dovranno essere messi in opera a regola d'arte, con le commessure alternate in corsi regolari; saranno posati sopra uno strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rimonti all'ingiro e riempia tutte le commessure.

La larghezza delle commessure non dovrà essere maggiore di 1 cm, né minore di 0,5 cm. Si dovrà iniziare e proseguire la costruzione in modo uniforme, onde assicurare collegamenti perfettamente addentellati e solide immorsature tra le varie parti, evitando la formazione di eccessive sporgenze. La malta di allettamento avrà classe di resistenza a 28 d $> 28/35$ MPa e sarà dosata con minimo 400 kg di cemento normale (32,5 o 32,5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà rapporto acqua cemento $< 0,5$ che l'Appaltatore dovrà garantire anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.

In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 278 K, l'Appaltatore farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri del tipo approvato dalla Direzione Lavori, conformi a quanto previsto dalle norme UNI 7109 e UNI EN 934-2, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.

La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10 cm di lato, per ogni giorno di produzione.

Per la muratura da eseguirsi a paramento a vista, si dovrà aver cura di scegliere, per le facce esterne, i mattoni di migliore cottura, a spigoli vivi, meglio formati, di colore uniforme, da disporre con perfetta regolarità di piani a ricorrenze ed alternando con precisione i giunti verticali. I laterizi dovranno essere conformi a quanto previsto nell'art. relativo ai materiali del presente Capitolato.

6.13.2.1 Murature di laterizi pieni e forati, per fabbricati

I laterizi dovranno essere messi in opera a regola d'arte, legati con malta bastarda composta da 200 kg di calce idraulica, 200 kg di cemento normale e 1 m³ di sabbia, resistenza media a compressione > 5 MPa, in corsi regolari con commessure di larghezza non superiore a 1 cm né inferiore a 0,5 cm. Si dovrà iniziare e proseguire la costruzione in modo uniforme, onde assicurare collegamenti perfettamente addentellati e solide immorsature tra le varie parti, evitando la formazione di eccessive sporgenze.

Nel caso delle murature in laterizi forati, dovranno essere impiegati mattoni pieni per l'esecuzione di mazzette, sguinci, angoli.

6.13.2.2 Murature a faccia-vista, per fabbricati

Le murature da eseguire a «faccia vista» dovranno iniziare almeno 20 cm al di sotto del piano finito del marciapiede o della pavimentazione esterna.

Dovranno usarsi mattoni stampati (pressati) con facce a vista sabbiato, di prima scelta, integri, con tagli e spigoli netti, di colore uniforme.

Le commessure, perfettamente orizzontali, dovranno essere eseguite inserendo in corso d'opera un tondino $\varnothing=8$ mm, da togliere una volta eseguito il ricorso.

Tutti i giunti saranno stilati con malta di cemento.

Si dovrà porre la massima cura nella suddivisione dei ricorsi in modo tale che l'ultimo vada a combaciare esattamente contro le travi o i cordoli superiori e che i giunti verticali, perfettamente allineati secondo disegni, risultino con mezza bugna alternata in corrispondenza di angoli e di mazzette.

Quando previsto in Progetto, le piattabande di porte e finestre dovranno essere eseguite con mattoni posti a coltello.

6.13.2.3 Murature ad intercapedine, per fabbricati

Saranno costituite come segue:

- in laterizi: parete esterna dello spessore di una testa; parete interna in foglio;
- in blocchetti forati di conglomerato di argilla espansa: dosati a 200 kg di cemento tipo 42,5, parete esterna dello spessore di 12 cm; parete interna di 8 cm;

legate con malta bastarda, composta da 200 kg di calce idraulica, 200 kg di cemento normale e 1 m³ di sabbia, resistenza media a compressione > 5 MPa.

La tipologia dei materiali impiegati e la larghezza dell'intercapedine tra le pareti esterne ed interne sono quelli indicati in Progetto.

In corrispondenza degli angoli, delle spalle di porte e finestre, degli incroci con strutture di spina, la muratura dovrà essere piena per una lunghezza minima pari ad una volta e mezzo gli spessori.

Detto provvedimento, con muratura piena, dovrà inoltre essere adottato come collegamento tra il tamponamento esterno e quello interno, ogni qualvolta la lunghezza della intercapedine dovesse superare 2 m e dove indicato nei disegni esecutivi.

6.13.2.4 Murature in blocchetti forati prefabbricati, per fabbricati

- a - Blocchetti in calcestruzzo di cemento vibrocompresso legati con malta bastarda, composta da 200 kg di calce idraulica, 200 kg di cemento normale e 1 m³ di sabbia, resistenza media a compressione > 5 MPa:
 - di tipo normale, da ricoprire con intonaco;
 - di tipo impermeabilizzato mediante additivazione del calcestruzzo, da lasciare a faccia vista con giunti stuccati e stilati a cemento, con anche la malta legante additivata con idrorepellente.
- b - Blocchetti in conglomerato di argilla espansa, del tipo strutturale di densità 600÷650 kg/m³, dosato a 200 kg di cemento tipo 42,5 per metro cubo di impasto, legati con malta bastarda, composta da 200 kg di calce idraulica, 200 kg di cemento normale e 1 m³ di sabbia, resistenza media a compressione > 5 MPa: di tipo normale o impermeabilizzati, come descritto al precedente punto a).

Quando previsto in Progetto, i fori verticali dei blocchetti dovranno essere intasati con calcestruzzo di tipo II con classe di resistenza > 20/25 MPa ed eventualmente armati con ferri tondi; la muratura sarà provvista di armatura orizzontale mediante l'inserimento, a ricorsi alterni, di scalette in acciaio costituite da ferri longitudinali e ferri trasversali intervallati tra loro.

Le murature da eseguire a «faccia vista» dovranno iniziare almeno 20 cm al di sotto del piano finito del marciapiede o della pavimentazione esterna.

Le commessure, perfettamente orizzontali, dovranno essere eseguite inserendo in corso d'opera un tondino $\varnothing=8$ mm, da togliere una volta eseguito il ricorso.

Tutti i giunti saranno stilati con malta di cemento.

Si dovrà porre la massima cura nella suddivisione dei ricorsi in modo tale che l'ultimo vada a combaciare esattamente contro le travi o i cordoli superiori e che i giunti verticali, perfettamente allineati secondo disegni, risultino con mezza bugna alternata in corrispondenza di angoli e di mazzette.

Quando previsto in Progetto, le piattabande di porte e finestre dovranno essere eseguite con mattoni posti a coltello.

6.13.3 Murature di pietrame a secco

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma il più possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda.

Le pietre saranno collocate in opera in modo che si colleghino perfettamente fra loro, scegliendo per i paramenti quelle di maggiori dimensioni, non inferiori a 20 cm di lato e le più adatte per il migliore combaciamento.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle commessure verticali.

Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire gli interstizi fra pietra e pietra.

Per i cantonali si useranno le pietre di maggiori dimensioni e meglio rispondenti allo scopo. La rientranza delle pietre del paramento non dovrà mai essere inferiore all'altezza del corso. Inoltre si disporranno frequentemente pietre di lunghezza tale da penetrare nello spessore della muratura.

A richiesta della Direzione Lavori l'Appaltatore dovrà lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

6.13.4 Murature di pietrame e malta

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiori a 25 cm in senso orizzontale, 20 cm in senso verticale e 30 cm di profondità.

Per i muri di spessore 40 cm si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima del collocamento in opera dovranno essere diligentemente pulite e ove occorra, a giudizio della Direzione Lavori, lavate.

Nella costruzione della muratura le pietre dovranno essere battute col martello e rinzeppate diligentemente con scaglie e con abbondante malta così che ogni pietra resti avvolta dalla malta stessa e non rimanga alcun vano od interstizio.

La malta avrà classe di resistenza a 28 d $> 25/30$ MPa e sarà dosata con minimo 350 kg di cemento normale (32,5 o 32,5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà rapporto acqua cemento $< a 0,5$ che l'Appaltatore dovrà garantire anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.

In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 278 K, l'Appaltatore farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri del tipo approvato dalla Direzione Lavori, conformi a quanto previsto dalle norme UNI 7109 e UNI EN 934-2, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.

La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10 cm di lato, per ogni giorno di produzione.

Nel paramento ad opera incerta, il pietrame dovrà essere scelto diligentemente e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana.

Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate e adattate col martello, in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di 8 cm.

Nel paramento a mosaico greggio, le facce viste dei singoli pezzi dovranno essere ridotte, col martello a punta grossa, a superficie piana poligonale; i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

La muratura a corsi regolari dovrà progredire a strati orizzontali da 20 a 30 cm di altezza con pietre disposte in modo da evitare la corrispondenza delle commessure verticali fra due corsi immediatamente sovrastanti. In tutte le specie di paramento, la sigillatura dei giunti dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessioni fino a conveniente profondità per purgarle della malta e delle materie estranee, lavandole a grande acqua e riempiendo poi le commessure stesse con nuova malta, curando che questa penetri bene comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei corsi sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Nelle facce viste saranno impiegate pietre lavorate secondo il tipo di paramento prescritto e nelle facce contro terra saranno impiegate pietre sufficientemente piane e rabboccate con malta in modo da evitare cavità.

Nelle murature contro terra saranno lasciate apposite feritoie secondo le prescrizioni della Direzione Lavori.

6.13.5 Muratura in pietra da taglio

Prima di cominciare i lavori l'Appaltatore dovrà preparare i campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoporli, per l'approvazione, alla Direzione Lavori.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fine. Non saranno tollerate né smussature a spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi.

La pietra da taglio che presentasse tali difetti sarà rifiutata e l'Appaltatore sarà in obbligo di farne l'immediata sostituzione, sia che le scheggiature od ammanchi si verificino al momento della posa in opera, sia dopo e sino al collaudo. Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari di Progetto ed alle istruzioni che, all'atto della esecuzione, fossero eventualmente date dalla Direzione Lavori.

Inoltre, ogni concio dovrà essere lavorato in modo da potersi collocare in opera secondo gli originali letti di cava.

Per la posa si potrà fare uso di zeppe da togliere immediatamente quando la malta rifluisca nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La malta di allettamento avrà classe di resistenza a 28 d $> 28/35$ MPa e sarà dosata con minimo 400 kg di cemento normale (32,5 o 32,5R di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia ed avrà

rapporto acqua cemento $< 0,5$ che l'Appaltatore dovrà garantire anche attraverso l'uso di additivi superfluidificanti non aeranti.

In presenza di climi freddi ovvero con temperature inferiori ai 278 K, l'Appaltatore farà costantemente uso di additivi antigelo ed acceleranti di presa esenti da cloruri del tipo approvato dalla Direzione Lavori, conformi a quanto previsto dalle norme UNI 7109 e UNI EN 934-2, dosati secondo i risultati delle prove e comunque non inferiori al 2% sul peso del legante.

La frequenza dei prelievi di malta sarà pari ad una serie di provini cubici di 10 cm di lato, per ogni giorno di produzione.

Occorrendo, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe ed arpioni di bronzo saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le commessure delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

6.13.6 Muratura in pietrame e conglomerato cementizio

La muratura di conglomerato cementizio con paramento esterno in pietrame sarà realizzata con conglomerato cementizio di tipo II, avente classe di resistenza $> 28/35$ MPa per quanto concerne il paramento interno, mentre il paramento esterno realizzato in pietrame dello spessore medio di 30 cm, ben ammorsato nel conglomerato cementizio retrostante, sarà eseguito con caratteristiche riportate negli art. 40.3 o 40.4 in relazione alle disposizioni progettuali.

6.14 INTONACI

Gli intonaci possono essere del tipo:

- Intonaco rustico tirato in piano a fratazzo fino, su murature di qualsiasi forma e tipo e su soffitti, eseguito con due strati di malta dosata a 400 kg di calce idraulica per metro cubo di sabbia;
- Intonaco civile interno su superfici verticali ed orizzontali, anche curve, eseguito in due strati: con malta dosata a 400 kg di calce idraulica per metro cubo di sabbia e rifinito con malta di calce fina (grassello) o con malta dosata a 400 kg di cemento per metro cubo di sabbia, rifinito a fratazzo fino;
- Intonaco civile interno su superfici verticali ed orizzontali, anche curve, dello spessore non inferiore a 7 mm, eseguito a mano e o a macchina con malta premiscelata composta da calce, gesso, perlite ed additivi;
- Intonaco civile esterno su superfici verticali ed orizzontali, anche curve, eseguito in due strati: con malta bastarda dosata a 250 kg di calce idraulica e 250 kg di cemento per metro cubo di sabbia e rifinito a fratazzo fino, o con malta dosata a 350 kg di cemento per metro cubo di sabbia, ambedue rifiniti a fratazzo fino;
- Intonaco ignifugo a superficie rasata eseguito con malta composta da 1 m³ di vermiculite, 250 kg di cemento tipo 42,5 e 1 kg di VICSOL aerante o equivalente.

L'esecuzione degli intonaci sarà preceduta da bagnatura ed accurata preparazione delle superfici mediante rimozione di grumi di malta, scarnitura delle commessure fino a conveniente profondità, ripulitura delle pareti e rinzafo delle irregolarità più salienti.

Non dovranno essere di norma eseguiti in periodi di temperature troppo rigide od elevate; dovrà essere presa ogni precauzione necessaria a proteggerli dagli agenti atmosferici di qualsiasi genere, quando questi siano tali da pregiudicare la normale presa della malta.

Salvo prescrizioni particolari, l'esecuzione sarà con angoli e spigoli a filo vivo, perfettamente a "piombo", con squadra perfetto tra soffitti e pareti e con superfici prive di ondulazioni, irregolarità, peli, screpolature od altri difetti. Gli intonaci che non presentassero la necessaria aderenza alle murature dovranno essere demoliti e rifatti a cura e spese dell'Appaltatore.

Prima dell'esecuzione degli intonaci si predisporranno opportune fasce, eseguite sotto regoli di guida, in numero sufficiente per ottenere intonaci perfettamente piani; sarà applicato quindi un primo strato di malta gettata con forza in modo che penetri in tutti gli interstizi e li riempia.

Quando il primo strato avrà ottenuto una leggera presa si applicherà su di esso un secondo strato che sarà regolarizzato con regolo e fratazzo.

Quando l'intonaco deve essere applicato sull'intradosso di solai e su strutture in conglomerato cementizio si dovrà eseguire, preliminarmente, un primo leggero rinzafo con malta fluida di cemento, cui seguiranno le operazioni descritte in precedenza.

Gli intonaci civili interni ed esterni saranno rifiniti con malta fina tirata a fratazzo.

Tutti gli spigoli degli intonaci interni dovranno essere protetti da paraspigoli fino all'altezza di 1,50 m.

Gli intonaci ignifughi dello spessore previsto in Progetto saranno eseguiti con la stessa metodologia degli altri intonaci, stendendoli in strati successivi fino ad ottenere gli spessori richiesti.

6.14.1 Intonaci eseguiti a mano

L'intonaco a mano sarà eseguito in doppio strato fresco su fresco per uno spessore complessivo di 20 mm, dosato a 500 kg di cemento normale (di tipo III o di tipo IV) per metro cubo di sabbia.

6.14.2 Intonaci eseguiti a spruzzo (gunita)

Prima di applicare la gunita su pareti in conglomerato cementizio degradate, l'Appaltatore avrà cura di eseguire la sabbiatura ad aria compressa ed un efficace lavaggio con acqua in pressione.

La malta sarà di norma composta di 500 kg di cemento (di tipo IV 32,5 o 32,5R) per metro cubo di sabbia salvo diverse prescrizioni.

Il dosaggio dei componenti deve essere fatto a peso.

L'acqua proverrà da fonti ben definite che diano acqua rispondente alle caratteristiche specificate nelle presenti Norme.

Il rapporto acqua/cemento non dovrà essere superiore a 0,45.

Allo scopo di realizzare un intonaco impermeabile si farà costantemente uso di additivi acceleranti di presa e fluidificanti, del tipo e nella quantità approvate dalla Direzione Lavori.

Le sabbie da impiegare nell'impasto saranno di natura silicea, lavate e vagliate, scevre da limo ed ogni altra impurità.

La granulometria sarà compresa nel seguente fuso avente andamento continuo ed uniforme:

Serie crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso
crivello 10	100
crivello 5	98÷88
setaccio 2	73÷63
setaccio 0,4	32÷22
setaccio 0,18	13÷3

L'intonaco avrà di norma spessore di 35 mm e sarà eseguito in tre strati: il primo strato del tipo boiaccia servirà a preparare la superficie per accogliere lo strato successivo, mentre il terzo strato sarà di spessore tale da portare la gunita ai prescritti 35 mm.

Potrà essere prevista l'inclusione di reti metalliche elettrosaldate in fili d'acciaio che saranno fissate al supporto mediante chiodatura, di caratteristiche come indicate in Progetto. Quando l'intonaco fosse eseguito in gallerie e si verificassero delle venute d'acqua dovranno essere predisposte, prima della gunitatura, opportune canalette di captazione.

6.14.3 Prove e controlli di laboratorio

A discrezione della Direzione Lavori saranno prelevati campioni di sabbia stoccata a pie d'opera per il controllo granulometrico.

Essa, al momento della posa in opera dovrà essere ben asciutta ai fini di ottenere un buon impasto al momento dell'applicazione.

Saranno prelevati campioni di gunita sulla parete (dopo aver completato il ciclo degli strati) per il controllo della percentuale di acqua, della percentuale di cemento e della curva granulometrica, cospargendo il campione di alcool fino a coprire il prelievo.

Inoltre, durante la posa in opera della miscela saranno prelevati campioni della stessa spruzzandola entro apposite cubettiere con getto normale al fondo dei contenitori; la superficie sarà rasata e fratazzata. La maturazione dei provini avverrà in camera climatica.

La frequenza dei prelievi e il numero dei campioni sarà indicato dalla Direzione Lavori.

Le prove di rottura a compressione a ventotto giorni dovranno dare una classe di resistenza non inferiore a 35/40 MPa.

6.15 TINTEGGIATURE E VERNICIATURE

6.15.1 Norme generali

Prima dell'esecuzione di qualsiasi opera di tinteggiatura e verniciatura, le superfici da trattare dovranno essere oggetto, adeguatamente a ciascun tipo, di una idonea ed accurata preparazione. L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire campioni per i vari tipi di finiture per la verifica della rispondenza dei colori a quelli di Progetto.

Tinteggiature e verniciature, quando specificatamente previsto, saranno completate con filettature, fascette e zoccolini.

Le mani dovranno essere date a passate incrociate; per le verniciature, le varie mani saranno eseguite in colore o tonalità diverse in modo tale che sia possibile il controllo del numero di mani applicate.

Non saranno assolutamente accettate vernici non rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti, addebitando all'Appaltatore, in qualsiasi stadio dei lavori, l'asportazione e la sostituzione delle verniciature eseguite che non risultassero idonee.

Le tinteggiature e verniciature, con particolare riferimento a quelle su legno e su metallo, dovranno essere eseguite in condizioni di tempo asciutto, evitando eccessi di caldo o di gelo e non si dovrà mai procedere alla stesura di uno strato fino a che il precedente non sia perfettamente essiccato.

Si riterranno inoltre a totale carico dell'Appaltatore la pulitura, la riparazione o il risarcimento di eventuali danni arrecati da spruzzi o macchie su qualsiasi superficie finita, poiché rientra nei suoi obblighi l'adozione preliminare di ogni precauzione atta ad evitarli.

6.15.2 Tinteggiatura

6.15.2.1 Tinteggiatura a tempera

La tinteggiatura di pareti e soffitti sarà eseguita con pittura a tempera data in tre mani, previa adeguata preparazione del sottofondo che dovrà essere regolarizzato e lisciato mediante rasatura a stucco plastico, scartavetratura, spolveratura, ripresa di spigoli e quanto altro necessario.

6.15.2.2 Tinteggiatura con idropittura

tinteggiatura di pareti (per interni):

Con pittura emulsionata opaca lavabile a base di resine vinilacriliche disperse in acqua, con 50÷60% di veicolo avente residuo secco non inferiore al 30% e 40÷50 di pigmento costituito da biossido di titanio per almeno il 50%.

Lo spessore della pellicola per ciascuna mano non dovrà risultare inferiore a 0,025 mm.

Data in due mani previa preparazione del sottofondo che dovrà essere regolarizzato e lisciato mediante rasatura a stucco plastico, scartavetratura, spolveratura, ripresa di spigoli e quanto altro necessario compresa l'applicazione di uno strato di isolante inibente.

tinteggiatura per esterni:

Si dovrà impiegare idropittura a base di resine vinilacriliche disperse in acqua con 55÷60% di veicolo avente residuo secco non inferiore al 50% e 40÷45% di pigmento costituito da biossido di titanio rutilo per almeno il 65%.

Lo spessore di ogni mano non dovrà risultare inferiore a 0,035 mm.

Data in due mani previa preparazione del sottofondo mediante rasatura a stucco plastico, scartavetratura, spolveratura, ripresa di spigoli e quanto altro necessario compresa l'applicazione di uno strato di isolante inibente.

Se previsto in Progetto, sopra la tinteggiatura esterna, sarà applicata una mano di vernice trasparente idrorepellente siliconica a solvente, data a pennello o a spruzzo.

6.15.3 Verniciatura di pareti in muratura

Le pareti interne in muratura saranno finite con due mani di smalto poliuretanico, previa preparazione del sottofondo e spolveratura delle superfici, di colore e modalità indicate in Progetto; le pareti esterne saranno finite con una mano di vernice trasparente idrorepellente siliconica a solvente su faccia vista o intonacata e tinteggiate.

6.15.4 Verniciature di strutture in acciaio

Tutte le strutture in acciaio (inclusi gli infissi) dovranno essere finite con uno dei cicli di verniciatura di seguito descritti, secondo le indicazioni progettuali.

I cicli di verniciatura saranno preceduti dalla preparazione del supporto mediante spazzolatura meccanica, o sabbatura, o sgrassaggio.

6.15.4.1 Ciclo "A"

Per strutture non in vista o come preparazione a successivi trattamenti di protezione al fuoco.

Da applicare in superfici preparate mediante sabbatura di grado Sa 2½ della SVENSK STANDARD SIS con l'avvertenza che i ritocchi da effettuare con primer epossidico allo zinco, dopo la posa in opera delle strutture e prima dell'applicazione della seconda mano, dovranno interessare tutte le superfici dalle quali sia stata asportata la prima mano data in officina, in corrispondenza di saldature e comunque in tutti i punti che si presentassero scoperti.

Il ciclo comprende due mani di prodotti vernicianti, oltre alla mano di ritocchi; nello specchio che segue si riportano le caratteristiche di ciascuna mano:

	I	RITOCCHI I	II
TIPO DI	PRIMER EPOSSIDICO ALLO	PRIMER EPOSSIDICO ZINCO	PITTURE EPOSSIDICHE
PESO grammi/litro	≥ 260	≥	≥
COMPONENTI n	2	2	2
SPESORE DEL m	≥	≥	≥
METODO DI	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS

6.15.4.2 Ciclo "B"

Per strutture in vista, preparate mediante sabbiatura di grado Sa 2½ della SVENSK STANDARD SIS, con la prima mano di antiruggine ed i ritocchi come al precedente Ciclo "A"; la seconda mano di pittura epossidica e la terza mano di smalto poliuretanico date in opera; complessivamente il ciclo comprende tre mani di prodotti vernicianti oltre alla mano di ritocchi; nello specchio che segue si riportano le caratteristiche di ciascuna mano:

	I MANO	RITOCCHI	II MANO	III MANO
	DATA IN OFFICINA	SULLA I MANO DATA IN OPERA	DATA IN OPERA	DATA IN OPERA
TIPO DI VERNICE	PRIMER EPOSSIDICO ALLO ZINCO	PRIMER EPOSSIDICO ALLO ZINCO	PITTURA EPOSSIDICA	SMALTO POLIURETANICO
PESO SPECIFICO grammi/litro	≥ 2600	≥ 2600	≥ 1400	≥ 1100
COMPONENTI n.	2	2	2	1 o 2
SPESORE DEL FILM mm	≥ 0,07	≥ 0,07	≥ 0,08	≥ 0,035
METODO DI APPLICAZIONE	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS

6.15.4.3 Ciclo "C"

Da applicare su superfici non in vista o come preparazione a successivi trattamenti di: protezione al fuoco; strutture portanti in acciaio zincato a caldo; lattoneria in lamiera di ferro zincato per converse, canali di gronda, tubazioni, foderature ecc.

Il ciclo comprende una sola mano di prodotti vernicianti; nello specchio che segue si riportano le caratteristiche della mano:

	I MANO
TIPO DI VERNICE	PRIMER EPOSSIDICO
PESO SPECIFICO grammi/litro	≥ 1500
COMPONENTI n.	2
SPESSORE DEL FILM mm	$\geq 0,08$
METODO DI APPLICAZIONE	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS

6.15.4.4 Ciclo "D"

Da applicare su superfici in vista zincate a caldo o su superfici metalliche esistenti preparate mediante spazzolatura meccanica o sabbiatura.

Il ciclo comprende tre mani di prodotti vernicianti; nello specchio che segue si riportano le caratteristiche di ciascuna mano:

	I MANO	II MANO	III MANO
TIPO DI VERNICE	PRIMER EPOSSIDICO	PITTURA EPOSSIDICA	SMALTO POLIURETANICO
PESO SPECIFICO grammi/litro	≥ 1500	≥ 1400	≥ 1100
COMPONENTI n.	2	2	1 o 2
SPESSORE DEL FILM mm	$\geq 0,08$	$\geq 0,08$	$\geq 0,035$
METODO DI APPLICAZIONE	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS

6.15.4.5 Ciclo "E"

Da applicare su lattoneria in lamiera di ferro nero per foderature, tubazioni, canali, ecc. e su pluviali in tubi di acciaio elettrosaldati, previa preparazione mediante sabbiatura.

Il ciclo comprende due mani di prodotti vernicianti; nello specchio che segue si riportano le caratteristiche di ciascuna mano:

	I MANO	II MANO
TIPO DI VERNICE	PRIMER EPOSSIDICO	PITTURA EPOSSIDICA
PESO SPECIFICO grammi/litro	≥ 1500	≥ 1400
COMPONENTI n.	2	2
SPESORE DEL FILM mm	$\geq 0,08$	$\geq 0,08$
METODO DI APPLICAZIONE	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS

6.15.4.6 Ciclo "F"

Ciclo F/1

Da applicare su superfici non in vista preparate mediante sabbiatura di grado Sa 2½.

Il ciclo comprende due mani di prodotti vernicianti; nello specchio che segue si riportano le caratteristiche di ciascuna mano:

	I MANO	II MANO
TIPO DI VERNICE	PRIMER EPOSSIDICO ALLO ZINCO	PITTURA EPOSSICATRAMA
PESO SPECIFICO grammi/litro	≥ 2600	≥ 1400
COMPONENTI n.	2	2
SPESORE DEL FILM mm	$\geq 0,07$	$\geq 0,15$
METODO DI APPLICAZIONE	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS

Ciclo F/2

Da applicare su superfici non in vista zincate a caldo.

Il ciclo comprende due mani di prodotti vernicianti; nello specchio che segue si riportano le caratteristiche di ciascuna mano:

	I MANO	II MANO
TIPO DI VERNICE	PRIMER EPOSSIDICO	PITTURA EPOSSICATRAME
PESO SPECIFICO grammi/litro	≥ 1500	≥ 1400
COMPONENTI n.	2	2
SPESSORE DEL FILM mm	$\geq 0,08$	$\geq 0,15$
METODO DI APPLICAZIONE	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS	PENNELLO SPRUZZO AIRLESS

6.15.5 Verniciature di opere in legno

Tutte le opere in legno dovranno essere finite con i cicli di verniciatura di seguito descritti.

I cicli di verniciatura saranno preceduti dalla preparazione del supporto; tra la prima mano e quelle successive si dovrà procedere alla stuccatura, alla rasatura e alla carteggiatura.

6.15.5.1 Ciclo "A" (ciclo opaco)

Il ciclo comprende tre mani di prodotti vernicianti aventi le caratteristiche indicate nello specchio che segue:

	I MANO	II MANO	III MANO
TIPO DI VERNICE	FONDO SINTETICO DI IMPRIMITURA A BASE DI RESINA ALCHIDICA	SMALTO SINTETICO SATINATO A BASE DI RESINA ALCHIDICA	SMALTO SINTETICO SATINATO A BASE DI RESINA ALCHIDICA
PESO SPECIFICO grammi/litro	≥ 1500	≥ 1200	≥ 1200
COMPONENTI n.	1	1	1
SPESORE DEL FILM mm	$\geq 0,04$	$\geq 0,04$	$\geq 0,04$
METODO DI APPLICAZIONE	PENNELLO SPRUZZO	PENNELLO SPRUZZO	PENNELLO SPRUZZO

6.15.5.2 Ciclo "B" (ciclo trasparente)

Il ciclo comprende tre mani di prodotti vernicianti aventi le caratteristiche indicate nello specchio che segue:

	I MANO	II MANO	III MANO
TIPO DI VERNICE	FONDO TRASP. A BASE DI RESINE SINTETICHE, OLI ESSICCATIVI E FUNGICIDI	FINITURA TRASP. SATINATA A BASE DI RESINE ALCHIDICHE	FINITURA TRASP. SATINATA A BASE DI RESINE ALCHIDICHE
PESO SPECIFICO grammi/litro	≥ 850	≥ 880	≥ 880
COMPONENTI n.	1	1	1
SPESORE DEL FILM mm	$\geq 0,04$	$\geq 0,04$	$\geq 0,04$
METODO DI APPLICAZIONE	PENNELLO O IMMERSIONE	PENNELLO	PENNELLO

6.16 BARRIERE STRADALI

6.16.1 Premessa

6.16.1.1 Generalità

Le normative da rispettare per le barriere di sicurezza sono le seguenti:

- D.M. 28 giugno 2011 (G.U. n. 233 del 06/10/11), "Disposizioni sull'uso e l'installazione dei dispositivi di ritenuta stradale";

- D.M. 21 giugno 2004 n° 2367 (G.U. n. 182 del 05/08/04), "Aggiornamento alle istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza e le prescrizioni tecniche per le prove delle barriere di sicurezza stradale";
- UNI EN 1317-1, "Sistemi di ritenuta stradali parte 1: terminologia e criteri generali per i metodi di prova";
- UNI EN 1317-2, "Sistemi di ritenuta stradali parte 2: classi di prestazione, criteri di accettazione delle prove d'urto e metodi di prova per le barriere di sicurezza inclusi i parapetti veicolari";
- UNI EN 1317-3, "Sistemi di ritenuta stradali parte 3: classi di prestazione, criteri di accettabilità basati sulla prova di impatto e metodi di prova per attenuatori d'urto";
- UNI ENV 1317-4, "Barriere di sicurezza stradali: classi di prestazione, criteri di accettazione per la prova d'urto e metodi di prova per terminali e transizioni delle barriere di sicurezza";
- UNI EN 1317-5, "Barriere di sicurezza stradali parte 5: requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli";
- Circ. Ministero Infrastrutture e Trasporti, prot. 62032 del 21/07/2010, "Uniforme applicazione delle norme in materia di progettazione, omologazione e impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali";
- D.M. 18 febbraio 1992, n. 223. (G.U. n. 63 del 16/03/92). "Regolamento recante istruzioni tecniche per la progettazione, l'omologazione e l'impiego delle barriere stradali di sicurezza";
- D. Lg.vo n. 285/92 e s.m.i.. "Nuovo codice della Strada";
- D.P.R. n. 495/92 e s.m.i.. "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada";
- D.M. 5 novembre 2001, n. 6792. "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade";
- ETAG 001: Guideline for European Technical Approvals of Metal Anchors for use in Concrete, Annex C: Design Methods for Anchorages. Redatto dall'Istituto Europeo per le omologazioni "E.O.T.A." (European Organisation for Technical Approvals);
- D.M. 14 gennaio 2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";
- UNI EN 12767, "Sicurezza passiva di strutture di sostegno per attrezzature stradali. Requisiti e metodi di prova".

Si fa notare come le versioni 2010 delle norme 1317-1, -2, -3, con i relativi "errata-corrigere", in vigore dal 05/08/2010, siano diventate cogenti, in quanto norme europee armonizzate, a partire dal 01/01/2013.

Ai sensi delle vigenti ed in parte già citate norme (D.M. 18/02/1992 n. 223, D.P.R. 21/04/1993 n. 246 in attuazione della direttiva 89/106/CEE, D.M. 21/06/2004, Regolamento UE n. 305/2011 del 09/03/2011, D.M. 28/06/2011), considerato che risulta da tempo recepito l'utilizzo delle norme europee UNI EN 1317, parti 1, 2, 3 e 4 concernenti le barriere di sicurezza stradali e che risulta scaduto in data 01/01/2011 il periodo di coesistenza relativo alla norma europea armonizzata UNI EN 1317-5:2008 "Barriere di sicurezza stradali – Parte 5: requisiti di prodotto e valutazione di conformità per sistemi di trattenimento veicoli", possono essere installati dispositivi di ritenuta stradali dotati di "marcatura CE" in conformità alla norma UNI EN 1317-5:2008 e successivi aggiornamenti ed alle norme di supporto in essa riportate.

Tali sistemi dovranno essere dotati di:

- "Certificato CE di conformità", rilasciato da un Organismo Notificato;
- "Dichiarazione CE di conformità", rilasciata dal fabbricante o produttore, ovvero dal suo mandatario stabilito nell'Unione Europea;
- "Manuale di utilizzo e di installazione", redatto ai sensi del D.M. 28/06/2011;

Le barriere ed i dispositivi, a seconda della loro destinazione ed ubicazione, devono corrispondere a quanto prescritto nelle "Istruzioni Tecniche" allegate al D.M. sopracitato.

Le protezioni dovranno essere realizzate secondo quanto previsto dal Progetto e con dispositivi che abbiano conseguito il "Certificato d'omologazione" rilasciato dal Ministero dei Lavori Pubblici-Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale.

Gli interventi compreso quelli relativi alle barriere amovibili, nonostante la mobilità del sistema, avranno le caratteristiche dell'impianto di tipo "definitivo" per cui il materiale impiegato, in particolare per le barriere metalliche, dovrà essere esclusivamente di nuova produzione.

A seconda della loro destinazione ed ubicazione, le barriere e gli altri dispositivi si dividono nei seguenti tipi:

- barriere centrali da spartitraffico;
- barriere laterali;
- barriere per opere d'arte, quali ponti, viadotti, sottovia, muri, ecc.;
- barriere o dispositivi per punti singolari, quali barriere per chiusura varchi, attenuatori d'urto per ostacoli fissi, letti di arresto o simili, terminali speciali, dispositivi per zone di approccio ad opere d'arte, dispositivi per zone di transizione e simili.

6.16.1.2 Finalità dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali

Le barriere di sicurezza stradale e gli altri dispositivi di ritenuta sono posti in opera essenzialmente al fine di realizzare per gli utenti della strada e per gli esterni eventualmente presenti, accettabili condizioni di sicurezza in rapporto alla configurazione della strada, garantendo, entro certi limiti, il contenimento dei veicoli che dovessero tendere alla fuoriuscita dalla carreggiata stradale. Le barriere di sicurezza stradale e gli altri dispositivi di ritenuta devono quindi essere idonei ad assorbire parte dell'energia di cui è dotato il veicolo in movimento, limitando contemporaneamente gli effetti d'urto sui passeggeri.

6.16.1.3 Individuazione delle zone da proteggere

Le zone da proteggere per le finalità previste, definite, come previsto dal decreto ministeriale 18 febbraio 1992, n. 223, e successivi aggiornamenti e modifiche, dal progettista della sistemazione dei dispositivi di ritenuta, devono riguardare almeno: i margini di tutte le opere d'arte all'aperto quali ponti, viadotti, ponticelli, sovrappassi e muri di sostegno della carreggiata, indipendentemente dalla loro estensione longitudinale e dall'altezza dal piano di campagna; la protezione dovrà estendersi opportunamente oltre lo sviluppo longitudinale strettamente corrispondente all'opera sino a raggiungere punti (prima e dopo l'opera) per i quali possa essere ragionevolmente ritenuto che il comportamento delle barriere in opera sia paragonabile a quello delle barriere sottoposte a prova d'urto e comunque fino a dove cessi la sussistenza delle condizioni che richiedono la protezione; lo spartitraffico ove presente; il margine laterale stradale nelle sezioni in rilevato dove il dislivello tra il colmo dell'arginello ed il piano di campagna è maggiore o uguale a 1 m; la protezione è necessaria per tutte le scarpate aventi pendenza maggiore o uguale a 2/3. Nei casi in cui la pendenza della scarpata sia inferiore a 2/3, la necessità di protezione dipende dalla combinazione della pendenza e dell'altezza della scarpata, tenendo conto delle situazioni di potenziale pericolosità a valle della scarpata (presenza di edifici, strade, ferrovie, depositi di materiale pericoloso o simili): gli ostacoli fissi (frontali o laterali) che potrebbero costituire un pericolo per gli utenti della strada in caso di urto, quali pile di ponti, rocce affioranti, opere di drenaggio non attraversabili, alberature, pali di illuminazione e supporti per segnaletica non cedevoli, corsi d'acqua, ecc, ed i manufatti, quali edifici pubblici o privati, scuole, ospedali, ecc, che in caso di fuoriuscita o urto dei veicoli potrebbero subire danni comportando quindi pericolo anche per i non utenti della strada. Occorre proteggere i suddetti ostacoli e manufatti nel caso in cui non sia possibile o conveniente la loro rimozione e si trovino ad una distanza dal ciglio esterno della carreggiata, inferiore ad una opportuna distanza di sicurezza; tale distanza varia in funzione dei seguenti parametri: velocità di Progetto, volume di traffico, raggio di curvatura dell'asse stradale, pendenza della scarpata, pericolosità dell'ostacolo. Le protezioni dovranno in ogni caso essere effettuate per una estensione almeno pari a quella indicata nel certificato di omologazione, ponendone circa due terzi prima dell'ostacolo, integrando lo stesso dispositivo con eventuali ancoraggi e con i terminali semplici indicati nel certificato di omologazione, salvo diversa prescrizione del progettista.

Le barriere di sicurezza dovranno avere la lunghezza minima di cui sopra, escludendo dal computo della stessa i terminali semplici o speciali, sia in ingresso che in uscita. Laddove non sia possibile installare un dispositivo con una lunghezza minima pari a quella effettivamente testata (per esempio ponti o ponticelli aventi lunghezze in alcuni casi sensibilmente inferiori all'estensione minima del dispositivo), sarà possibile installare una estensione di dispositivo inferiore a quella effettivamente testata, provvedendo però a raggiungere la estensione minima attraverso un dispositivo diverso (per esempio testato con pali infissi nel terreno), ma di pari classe di contenimento (o di classe ridotta -

H3 nel caso di affiancamento a barriere bordo ponte di classe H4) garantendo inoltre la continuità strutturale. L'estensione minima che il tratto di dispositivo «misto» dovrà raggiungere sarà costituita dalla maggiore delle lunghezze prescritte nelle omologazioni dei due tipi di dispositivo da impiegare. In particolare, ove possibile, per le protezioni isolate di ostacoli fissi, all'inizio dei tratti del dispositivo di sicurezza, potranno essere utilizzate integrazioni di terminali speciali appositamente testati. Per la protezione degli ostacoli frontali dovranno essere usati attenuatori d'urto, salvo diversa prescrizione del progettista.

6.16.1.4 Conformità dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali e loro installazione

Tutti i componenti di un dispositivo di ritenuta devono avere adeguata durabilità mantenendo i loro requisiti prestazionali nel tempo sotto l'influenza di tutte le azioni prevedibili. Per la produzione di serie delle barriere di sicurezza e degli altri dispositivi di ritenuta, i materiali ed i componenti dovranno avere le caratteristiche costruttive descritte nel Progetto del prototipo allegato ai certificati di omologazione, nei limiti delle tolleranze previste dalle norme vigenti o dal progettista del dispositivo all'atto della richiesta di omologazione. All'atto dell'impiego dei dispositivi di ritenuta nelle costruzioni stradali, le caratteristiche costitutive dei materiali impiegati dovranno essere certificate mediante prove di laboratorio. Dovranno inoltre essere allegate le corrispondenti dichiarazioni di conformità dei produttori alle relative specifiche tecniche di prodotto. Le barriere e gli altri dispositivi di ritenuta omologati ed installati su strada dovranno essere identificati attraverso opportuno contrassegno, da apporre sulla barriera (almeno uno ogni 100 metri di installazione) o sul dispositivo, e riportante la denominazione della barriera o del dispositivo omologato, il numero di omologazione ed il nome del produttore. Una volta conseguita l'armonizzazione della norma EN 1317 e divenuta obbligatoria la marcatura CE, le informazioni da apporre sul contrassegno saranno quelle previste nella stessa norma EN 1317, parte 5.

Nell'installazione sono tollerate piccole variazioni, rispetto a quanto indicato nei certificati di omologazione, conseguenti alla natura del terreno di supporto o alla morfologia della strada (ad esempio: infissione ridotta di qualche paletto o tirafondo; inserimento di parte dei paletti in conglomerati cementizi di canalette; eliminazione di supporti localizzati conseguente alla coincidente presenza di caditoie per l'acqua o simili). Altre variazioni di maggior entità e comunque limitate esclusivamente alle modalità di ancoraggio del dispositivo di supporto sono possibili solo se previste in Progetto. Alla fine della posa in opera dei dispositivi, dovrà essere effettuata una verifica in contraddittorio da parte della ditta installatrice, nella persona del suo Responsabile Tecnico, e da parte del committente, nella persona del direttore lavori anche in riferimento ai materiali costituenti il dispositivo. Tale verifica dovrà risultare da un certificato di corretta posa in opera sottoscritto.

6.16.2 Barriere metalliche

6.16.2.1 Accettazione dei materiali

I produttori dei dispositivi omologati devono essere specializzati e certificati in qualità aziendale secondo le norme UNI EN ISO 9001.

I materiali componenti, i suddetti dispositivi omologati dovranno avere le caratteristiche costitutive descritte nella documentazione presentata per l'omologazione e dovranno essere realizzati con le stesse caratteristiche di cui sopra, risultanti da una dichiarazione di conformità di produzione che nel caso di barriere con componentistica di più origini, dovrà riguardare ogni singolo componente strutturale.

Tale dichiarazione dovrà essere emessa dall'Appaltatore e controfirmata dal Direttore Tecnico della Ditta Produttrice a garanzia della rispondenza del prodotto ai requisiti di cui al "Certificato d'omologazione".

Questa dichiarazione dovrà essere associata, a seconda dei casi, alle altre attestazioni previste dalla normativa vigente in termini di controllo di qualità ed altro. L'accettazione di tutti i materiali sarà regolata, inoltre, anche dalle norme descritte nei successivi articoli.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori; ciò stante l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto possa dipendere dalla qualità dei materiali stessi.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di svolgere ispezioni in officina per constatare la rispondenza dei materiali impiegati alle attestazioni nonché la regolarità delle lavorazioni.

La qualità dei materiali sarà verificata tutte le volte che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

6.16.2.2 Qualità dei materiali

6.16.2.2.1 Caratteristiche dell'acciaio.

L'acciaio impiegato per le barriere dovrà essere esente da difetti come bolle di fusione e scalfitture e di tipo extra, per qualità, spessori e finiture. La qualità deve essere di tipo UNI EN 10025 - S275 JR, o di qualità UNI EN 10025 - S235.

L'acciaio impiegato per la costruzione degli elementi metallici dovrà avere inoltre attitudine alla zincatura, secondo quanto previsto dalle Norme NF A 35-303 : 1994 - Classe 1.

Per ogni partita di materiale impiegato, l'Appaltatore dovrà presentare un attestato di qualità dell'acciaio rilasciato dalla ferriera di provenienza e sottoscritto dal legale rappresentante del fornitore.

6.16.2.2.2 Tolleranze dimensionali.

Nella costruzione dei profilati d'acciaio formati a freddo si dovranno rispettare le prescrizioni e le tolleranze previste dalle norme UNI 7344. Per le tolleranze di spessore, si riterranno validi i valori riportati di seguito:

- Lamiere o nastri fino a 3,50 mm - Tolleranza di spessore ammessa $\pm 0,05$ mm;
- Lamiere o nastri da 3,50 mm a 7,00 mm - Tolleranza di spessore ammessa $\pm 0,10$ mm;
- Lamiere o nastri oltre 7,50 mm - Tolleranza di spessore ammessa $\pm 0,15$ mm.

6.16.2.2.3 Unioni bullonate.

La bulloneria impiegata dovrà essere della classe 8.8 UNI EN 20898.

6.16.2.2.4 Unioni saldate.

I collegamenti tra elementi metallici da effettuarsi mediante saldatura dovranno essere del tipo a penetrazione ed effettuati nel rispetto dell'articolo 2.5 delle norme CNR UNI 10011. In particolare l'Appaltatore, qualora non espressamente descritto nei disegni di Progetto, dovrà rispettare le Norme sopra richiamate, tenendo presente di volta in volta, le caratteristiche generali e particolari delle saldature stesse, ivi compresi, qualità e spessori dei materiali, procedimenti, tipi di giunto e classi di saldatura.

6.16.2.2.5 Zincatura.

Il rivestimento delle superfici dei profilati a freddo sarà ottenuto con zincatura a bagno caldo il quale dovrà presentarsi uniforme, perfettamente aderente, senza macchie, secondo le norme UNI EN ISO 1461.

Le quantità minime di rivestimento di zinco per unità di superficie sono riportate nel prospetto D.1 della suddetta Norma.

Lo zinco impiegato per i rivestimenti dovrà essere di qualità Zn 99,95.

6.16.2.2.6 Caratteristiche della rete e dei fili metallici.

La rete, utilizzata a complemento dei parapetti metallici, sarà realizzata con fili d'acciaio crudo, con resistenza minima unitaria di rottura di 55 kg/mm², mentre i fili di legatura saranno in acciaio dolce.

La rete e i fili saranno zincati a caldo secondo le caratteristiche della classe P (zincatura pesante). In particolare la quantità minima accettabile della massa di zinco dovrà essere di 230 g/m².

Il rivestimento protettivo della rete e dei fili sarà costituito da zinco di qualità Zn 99,95, oppure da una lega eutettica di zinco ed alluminio. In questo caso la percentuale d'alluminio presente nella lega non dovrà superare il 5%.

6.16.2.3 Modalità d'esecuzione

6.16.2.3.1 Barriere infisse a bordo laterale e spartitraffico

La barriera sarà posizionata sul margine esterno o in spartitraffico in modo che il filo dell'onda superiore del nastro cada in corrispondenza del ciglio della piattaforma stradale.

I nastri saranno collegati fra di loro ed ai sostegni mediante bulloni con esclusione di saldature; il collegamento tra i nastri sarà fatto tenendo conto del senso di marcia in maniera che ogni elemento sia sovrapposto al successivo per evitare risalti contro la direzione del traffico.

Il serraggio dei bulloni potrà avvenire anche con chiave pneumatica purché sia assicurata una coppia finale di almeno 10 kg•m da verificare con chiave dinamometrica su un proporzionato numero di bulloni.

Sul bordo superiore dei nastri saranno applicati dei delineatori con elementi rifrangenti segnalimite, i quali dovranno essere preventivamente omologati secondo le norme vigenti ed accettati dalla Direzione Lavori.

Saranno costituiti da un supporto in lamiera e da catadiottri in metacrilato di colore arancione, composti da un catadiottro, quelli da porre in destra al senso di marcia, da due catadiottri sovrapposti quelli da porre in sinistra.

I suddetti saranno applicati alle barriere mediante sistemi a morsetto senza interessare la bulloneria delle stesse.

Per la viabilità ordinaria saranno invece utilizzati quelli di tipo bifacciale bianco/rosso con caratteristiche simili ai precedenti.

I sostegni saranno infissi con idonea attrezzatura vibrante o a percussione fino alla profondità necessaria per il rispetto della quota stabilita, avendo cura di non deformare la testa del sostegno ed ottenere l'assoluta verticalità finale, facendo in modo che le alette del sostegno siano posizionate in senso contrario a quello del traffico.

Quando per la presenza di trovanti o eccessiva consistenza del terreno non risulti possibile l'infissione, sarà ammesso il taglio della parte eccedente del sostegno e la formazione in sito del nuovo foro di collegamento, sempreché la parte infissa risulti superiore a 50 cm, senza riconoscere all'Appaltatore alcun compenso.

Qualora il rifiuto interessi più sostegni contigui, l'Appaltatore è tenuto a sospendere l'infissione e avvertire tempestivamente la Direzione Lavori perché questa possa assumere le decisioni circa i criteri d'ancoraggio da adottare.

Le cavità eventualmente formati alla base dei sostegni dopo l'infissione, a seconda della natura della sede, dovranno essere intasate con materiale inerte costipato o chiuse con malte di cemento. In caso di carenza di vincolo od altre particolari situazioni, la Direzione Lavori potrà richiedere l'adozione d'adeguate opere di rinforzo.

Lungo il tracciato della barriera possono esistere cavi elettrici, telefonici e altri, per cui l'Appaltatore è tenuto a chiedere agli Enti interessati, in accordo con la Direzione Lavori, le necessarie indicazioni per la loro individuazione ed operare con le dovute cautele.

In ogni caso eventuali danni arrecati agli impianti predetti ed eventuali oneri per l'individuazione dei cavi stessi sono totalmente a carico dell'Appaltatore restando la Committente sollevata da ogni responsabilità ed onere conseguente.

Sono a carico dell'Appaltatore le eventuali riprese d'allineamento e rimessa in quota delle barriere per il periodo sino al collaudo ancorché ciò dipenda da limitati cedimenti della sede stradale e la ripresa possa essere eseguita operando sulle tolleranze dei fori di collegamento.

Dovrà inoltre essere resa una dichiarazione di conformità d'installazione da parte dell'Appaltatore, controfirmata dal Direttore Tecnico dell'eventuale Appaltatore Installatrice che garantirà la rispondenza dell'eseguito alle prescrizioni tecniche descritte nel "Certificato d'omologazione".

Questa dichiarazione dovrà essere associata alle altre attestazioni previste dalla normativa vigente in termini di controllo qualità ed altro.

Nel caso di sostituzione di barriera esistente, l'eventuale smontaggio dovrà essere effettuato con cura senza causare rotture o danni. Eventuali danni o perdite saranno imputate all'Appaltatore.

Le banchine in terra e le cunette in calcestruzzo, sede dei montanti estratti, dovranno essere perfettamente ripristinate ed ogni detrito o materiale di scarto trasportato a rifiuto a cura e spese dell'Appaltatore.

Il materiale metallico rimosso rimane di proprietà della Committente e dovrà essere trasportato ed accatastato presso i depositi o portato a discarica, secondo quanto indicato dalla Direzione Lavori, sempre a cura e spese dell'Appaltatore.

Alla rimozione dovrà seguire prontamente il montaggio delle nuove barriere, o comunque prevedere protezioni temporanee, in modo da non lasciare tratti di strada senza protezione.

6.16.2.3.2 Barriere per opere d'arte

La posa in opera delle barriere sulle opere d'arte sarà effettuata mediante montanti con piastra, fissati con tasselli o per mezzo di tirafondi nel cordolo di calcestruzzo.

La barriera sarà posizionata sul cordolo in calcestruzzo in modo che il filo dell'onda superiore del nastro cada a filo cordolo, in corrispondenza del ciglio della piattaforma stradale.

In caso di presenza di traffico l'Appaltatore dovrà adottare tutti i sistemi e le precauzioni per evitare sia interruzioni nel transito dei veicoli che la caduta d'oggetti e materiali.

Nel caso di sostituzione di barriera esistente, ai lavori di smontaggio dovranno seguire, nel tempo strettamente necessario, i lavori d'installazione in modo da non lasciare parti di parapetto prive di protezione.

Il materiale metallico rimosso rimane di proprietà della Committente e dovrà essere trasportato ed accatastato presso i depositi o portati a discarica, secondo quanto indicato dalla Direzione Lavori, sempre a cura e spese dell'Appaltatore.

6.16.2.4 Prove – penali

Di norma le campionature potranno eseguite con la cadenza descritta di seguito tenendo conto che ogni prelievo sarà composto da un campione di ciascuno dei componenti la barriera di protezione, prelevati in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore.

6.16.2.4.1 Prove relative alle caratteristiche dell'acciaio e bulloneria.

La qualità dell'acciaio sarà verificata con le prove previste dalle Norme UNI EN 10025.

Il controllo degli spessori, dimensioni e prescrizioni sarà fatto misurando i materiali in più punti e sarà ritenuto positivo se tutte le misure rientreranno nei limiti delle prescrizioni e tolleranze richiesti.

La classe della bulloneria sarà controllata con le prove previste dalle Norme UNI EN 20898, mentre la Direzione Lavori provvederà a verificare in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore il serraggio dei dadi con chiave dinamometrica tarata a 10 kg·m.

Le caratteristiche delle unioni saldate saranno controllate in conformità alle Norme previste dal Decreto M.LL.PP. del 14/02/1992.

In particolare sarà effettuato preventivamente un controllo visivo in cantiere da parte dei responsabili della Direzione Lavori, mirato ad individuare eventuali presenze d'anomalie sui cordoni, come porosità, inclusioni o cricche.

In questo caso il materiale dovrà essere sostituito con altro rispondente a quanto richiesto.

Inoltre sarà effettuata una verifica in sito o in laboratorio che prevede il controllo mediante ultrasuoni, oppure un controllo mediante liquidi penetranti.

Sarà eseguito, per le barriere di sicurezza, un prelievo ogni 1.000 m d'impianto.

Per le opere d'arte invece un prelievo pari al 5% sul numero totale delle opere da proteggere. In ogni caso, per ogni tipologia dovrà essere effettuato almeno un prelievo.

Per i varchi amovibili, sarà eseguito un prelievo ogni dieci varchi, con un minimo di uno.

Le campionature relative alle resistenze e tolleranze dell'acciaio e della bulloneria saranno inviate presso un laboratorio indicato dalla Direzione Lavori.

Per irregolarità relative alla qualità, spessori e dimensioni dei materiali e quanto altro possa concorrere anche in modo parziale a compromettere la resistenza strutturale degli impianti, l'Appaltatore sarà tenuto a sostituire, a sue spese, i materiali in difetto con altri che corrispondano alle caratteristiche richieste.

6.16.2.4.2 Prove relative alle caratteristiche dei rivestimenti anticorrosivi.

Le caratteristiche del rivestimento di zinco dei profilati a freddo saranno verificate con le prove previste dalle Norme CNR - CEI n. 7-6/VII 1968 descritte di seguito:

- Determinazione della qualità dello zinco mediante analisi chimica.
- Determinazione della massa dello strato di zinco.
- Determinazione dello spessore dello strato di zinco.
- Determinazione della uniformità di spessore del rivestimento di zinco.
- Determinazione della aderenza dello strato di zinco.

Per quanto concerne la rete relativa alle barriere per opere d'arte, essa sarà sottoposta alla prova di sollecitazione corrosiva di 28 cicli in clima variabile d'acqua condensa con atmosfera contenente anidride solforosa, secondo le Norme DIN 50018 SFW 1.0S. I relativi provini saranno deposti nell'apparecchio di "Kesternich" per la durata massima di 28 cicli.

Ogni ciclo avrà la durata di 24 h, suddiviso in due parti: nella prima parte, della durata di 8 h, i campioni saranno sottoposti alla sollecitazione dell'agente corrosivo; nella seconda parte i campioni saranno tenuti a riposo e sottoposti ad aerazione.

Il materiale sarà ritenuto accettabile qualora al termine della prova della durata di 28 cicli i campioni non abbiano subito alcuna entità d'ossidazione aderente e/o permanente.

Sarà eseguito, per le barriere di sicurezza, un prelievo ogni 1.000 m d'impianto; per le opere d'arte invece un prelievo pari al 5% sul numero totale delle opere da proteggere.

In ogni caso, per ogni tipologia dovrà essere effettuato almeno un prelievo.

Per irregolarità relative alla qualità e spessori della zincatura, l'Appaltatore sarà tenuto a sostituire, a sue spese, i materiali in difetto con altri che corrispondano alle caratteristiche richieste.

I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore.

6.16.2.4.3 Penali per irregolarità d'esecuzione

Per quanto concerne il montaggio, l'Appaltatore sarà tenuto a sua cura e spese al completo rifacimento degli impianti o di parte di essi se questi non dovessero essere stati eseguiti conformemente a quanto indicato nel Progetto e nelle prescrizioni tecniche descritte nel "Certificato d'omologazione".

6.16.3 Barriere prefabbricate a profilo New Jersey

La posa e rimozione di barriere prefabbricate a profilo "New Jersey" del tipo monofilare "provvisorie", occorrenti per deviazioni del traffico e/o delimitazione del cantiere, comprende il carico, trasporto e scarico degli elementi dal deposito al cantiere e viceversa, il montaggio e lo smontaggio delle piastre di collegamento e quant'altro occorre.

6.16.3.1 NJ bordo opera

Nei cordoli laterali saranno posizionati elementi "bordo opera" predisposti d'ancoraggi per il corrimano di tipo strutturale: altezza 1 m, larghezza alla base 50 cm, larghezza in testa 24 cm, lunghezza nominale 3 e 6 m (lunghezza effettiva 2,98 e 5,98 m); che saranno ancorati ai cordoli con tiranti ed in testa muniti di una barra dywidag con manicotto.

Nelle zone di approccio all'opera d'arte stessa saranno posti elementi NJ ancorati su cordoli in conglomerato cementizio, di tipo II con Rck > 35 MPa ed armati con acciaio Fe B 44k, allineati ai cordoli del viadotto.

6.16.3.2 Caratteristiche tecniche

Le caratteristiche di resistenza e comportamento previste, sono riferite a manufatti prefabbricati e quindi, per la loro accettazione così come per i controlli di qualità da eseguire, vale quanto precisato dalle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della legge 5.11.1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

Indipendentemente dall'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

6.16.3.3 Materiali

6.16.3.3.1 Conglomerato cementizio

Dovrà rispondere alle specifiche tecniche riportate nell'art. 20 del presente Capitolato Speciale. La resistenza caratteristica specifica del conglomerato cementizio (R_{ck}), sarà > 45 MPa ed il copriferro non inferiore a 2 cm.

Qualora sia richiesta la fornitura di barriere New Jersey realizzate in conglomerato cementizio leggero strutturale si dovranno seguire, per il confezionamento del suddetto conglomerato, i medesimi principi di quello ordinario, utilizzando argilla espansa strutturale tipo T6, con resistenza del granulo allo schiacciamento non inferiore a 70 kg/cm^2 (UNI 7549-7); il conglomerato cementizio leggero dovrà avere una resistenza caratteristica $R_{ck} > 40$ MPa ed una massa volumica non superiore a quanto riportato negli elaborati progettuali. Tutti i materiali necessari per il suo confezionamento dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti vigenti in materia.

6.16.3.3.2 Acciaio

L'armatura del conglomerato cementizio sarà in acciaio tipo Fe B 44k e barre a filettatura continua tipo "dywidag". Le piastre d'ancoraggio saranno in lamiera d'acciaio, zincata a caldo dopo lavorazione a norma ASTM A 123, protetta su ciascuna faccia da uno strato di zincatura non inferiore a $43 \mu\text{m}$ pari a 300 g/m^2 .

Sarà zincata anche la bulloneria di collegamento e serraggio. Il manicotto di collegamento delle barre dywidag sarà realizzato in acciaio PR8035MnPb10; dovrà essere a forma esagonale e composto di due pezzi collegati tramite un filetto maschio sinistrorso. Il manicotto dovrà essere protetto con processo di teflatura di spessore minimo $30 \mu\text{m}$ in tutte le sue parti (compresa la filettatura).

6.16.3.4 Posa in opera

Le modalità di posa in opera saranno concordate con la Direzione Lavori, alla quale l'Appaltatore sottoporà il Progetto operativo.

6.16.3.4.1 Barriera laterale parapetto

La posa degli elementi "da viadotto" costituenti la barriera laterale parapetto sarà indicativamente la seguente, iniziando i lavori dalla fine del viadotto rispetto alla direzione del traffico:

- predisposizione nel cordolo dei fori, avendo cura che il loro centro sia, dal bordo interno del cordolo (camera d'espansione), alle distanze prefissate;
- posizionamento longitudinale sul cordolo di due strisce di gomma espansa EPDM (Etilene Propilene Diene) a cellule chiuse tipo E75-2 di colore nero, come guarnizioni di tenuta all'acqua; lungo il lato interno, la striscia dovrà avere fori predisposti in corrispondenza delle camere d'espansione;
- posizionamento della barriera New Jersey con opportuni spessoramenti compensatori di quota con zeppe o quadrotti: in policloroprene a durezza elevata, al fine di aver un buon allineamento dei parapetti;
- collegamento degli elementi New Jersey tra di loro serrando il manicotto con le barre dywidag longitudinali.

A tal fine l'Appaltatore dovrà colorare gli ultimi 7 cm della barra dywidag lato femmina con vernice rossa per consentire, in qualsiasi momento, il controllo del montaggio. Le misure potranno avere una tolleranza di $\pm 1 \text{ cm}$.

- perforazione, attraverso le scatole al piede della barriera, di un foro con corona diamantata delle caratteristiche come da Progetto;
- realizzazione del sottosquadro (camera conica che consente l'espansione delle alette del tirante) con lo strumento alesatore applicato alla carotatrice; l'esecuzione corretta della alesatura terminerà quando la boccola andrà a contatto con la rondella del fermo. L'ampiezza del sottosquadro, misurabile con idoneo strumento a "compasso", dovrà rispettare le indicazioni progettuali;
- posizionamento della guarnizione di tenuta all'acqua, in materiale di gomma espansa EPDM E75-2 a cellule chiuse di colore nero, tonda e con foro per il passaggio del tirante, attaccandola

in corrispondenza del foro d'ancoraggio dei tiranti; detta guarnizione sarà pressata dalla rondella del tirante;

- l'introduzione del tirante, verificando che i segmenti per l'ancoraggio siano appoggiati al sottosquadro;
- spruzzo sulla testa del tirante di uno spray lubrificante a base di Bisolfuro Molibdeno per ridurre gli attriti del bullone;
- serraggio del dado con chiave dinamometrica, applicando un momento torcente pari a 180 Nm per garantire l'espansione; oppure, tramite apposito martinetto, procedere all'espansione del tirante quindi serrare il dado;
- bloccaggio del dado con un ulteriore dado autobloccante zincato a caldo di classe 8 provvisto internamente d'anello in plastica;
- chiusura della tasca, situata alla base della barriera New Jersey, con apposito tappo in polipropilene con copolimeri di colore grigio (RAL n.7032) resistente ai raggi ultravioletti e incollato con idoneo adesivo;
- installazione del montante e del corrimano strutturale, posizionando i manicotti di collegamento dopo il montante, rispetto al senso di marcia;
- protezione del manicotto realizzata con lubrificante ad alta stabilità termica (perdita di peso < 3% con riscaldamento a 473 K per 4 h) e ricopertura con guaina elastica di polipropilene trattato UV/CP (contro i raggi ultravioletti e gli agenti atmosferici) di colore grigio (RAL n. 7032) arrotolato sulla zona per proteggere il tutto, dotato d'idoneo sistema di chiusura in modo da sembrare un tubo. All'interno del manicotto si dovrà porre un bloccante anaerobico costituito da una resina di poliacrildiesteri.

6.16.3.4.2 Verifiche

La Direzione dei Lavori potrà:

- prima del montaggio delle barriere, verificare che la lunghezza degli spezzoni dywidag per il serraggio dei montanti del mancorrente sia di almeno 9 cm, in modo da consentire il completo serraggio dai dadi dywidag da 7 cm. In caso di non rispondenza, l'elemento di barriera non sarà installato e dovrà essere allontanato immediatamente dal cantiere a cura e spese dell'Appaltatore;
- al termine del montaggio delle barriere, verificare il serraggio dei tiranti con chiave dinamometrica a 180 Nm, per accertare che l'esecuzione del sottosquadro sia stata fatta correttamente.

Se al momento del serraggio sarà riscontrato un cedimento dell'ancoraggio con eventuale fuoriuscita dello stesso, l'Appaltatore procederà al suo ripristino.

6.17 SEGNALETICA VERTICALE

6.17.1 Premessa

Nel presente Capitolato Speciale sono descritte le metodologie per l'esecuzione di tutte le opere, prestazioni e forniture che si renderanno necessarie per la realizzazione della segnaletica verticale sulle strade e loro pertinenze.

La segnaletica stradale verticale regola il traffico a seconda delle diverse condizioni ambientali e planimetriche del tracciato, anche di notte e in condizioni climatiche avverse, contribuendo ad aumentare il livello di sicurezza e facilitando l'uso dell'infrastruttura e dei servizi da parte della clientela.

I progetti e la relativa esecuzione devono attenersi a quanto prescritto dal D. Lgs 30 aprile 1992, n° 285 (Nuovo Codice della Strada) e dal D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495 (Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada), con le modifiche e integrazioni successivamente intervenute, dalle Circolari e Decreti Ministeriali vigenti in materia, nonché a quanto previsto nelle soluzioni segnaletiche di dettaglio, ed. gennaio 1996, approvate dal Ministero dei Lavori Pubblici, Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale, con lett. prot. n°

575 del 4 marzo 1996 (lett. n° 247.0614.00 del 14 maggio 1996), al presente Capitolato Speciale e a quanto esposto dettagliatamente nei disegni di Progetto.

6.17.2 Produzione

La segnaletica verticale deve essere prodotta da costruttori in possesso di un Certificato di Conformità del prodotto finito rilasciato da un organismo di certificazione accreditato, come previsto nelle circolari del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3652 del 17.06.1998 e n. 1344 del 11.03.1999; la data di rilascio di detto certificato non deve essere superiore a cinque anni all'atto di partecipazione alla gara e deve essere presentata nella sua stesura integrale.

6.17.3 Costruzione dei segnali

I pannelli facenti parte della fornitura devono essere realizzati secondo le seguenti caratteristiche.

6.17.3.1 Forme e dimensioni dei segnali

Tutti i segnali devono avere forme, dimensioni, colori, simboli e caratteristiche conformi a quelle prescritte dalle norme citate in Premessa.

L'altezza dei caratteri alfabetici componenti le iscrizioni (vedi Allegato al D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495, Titolo II, tab. II 16 – Distanza di leggibilità in funzione dell'altezza delle lettere) deve essere tale da garantire una distanza di leggibilità non inferiore a 150 m.

6.17.3.2 Supporto metallico

Il supporto metallico dei cartelli deve essere in lamiera di ferro tipo P-AL 99,5, dello spessore 30/10 mm se la superficie della faccia anteriore del cartello è uguale o superiore a 2,00 m², mentre per i cartelli con superficie inferiore a 2,00 m² la lamiera di alluminio deve essere di uno spessore di 25/10 mm.

Qualora i cartelli siano formati da più pannelli, questi dovranno essere nel più basso numero possibile e di dimensioni compatibili con la reperibilità delle lamiere sul mercato.

Tali lamiere, dopo avere subito le necessarie lavorazioni meccaniche e rese scabre in superficie mediante vibratrice elettrica, dovranno essere sottoposte ai seguenti trattamenti di preverniciatura:

- sgrassatura mediante vapori di trielina o con bagno in soluzione alcalina per una durata di circa 15 min a temperatura di esercizio pari a circa 70 °C;
- lavaggio con acqua e trattamento cromatante o fosfocromatante per un tempo sufficiente a depositare un rivestimento avente un peso compreso tra 105 e 375 mg/ m² (valore medio ottimale 270 mg/ m²) secondo la norma UNI 9921;
- lavaggio con acqua a perdere e passaggio in forno per essiccazione a temperatura compresa tra +60 e +70 °C;

Trattamenti sostitutivi potranno essere eseguiti dopo preventivo esame e conseguente autorizzazione da parte della Direzione Lavori.

6.17.3.3 Rinforzo perimetrale del cartello

Il rinforzo perimetrale deve essere ottenuto mediante piegatura a scatola dei bordi del cartello che non dovranno essere inferiore a 10 mm, eccezione fatta per i dischi.

6.17.3.4 Congiunzioni dei pannelli costituenti i cartelli di grandi dimensioni

Tali congiunzioni si devono ottenere con l'apposizione, lungo i lembi contigui dei pannelli, di angolari in anticorodal, spessore 3 mm sia in senso orizzontale che verticale saldato come descritto all'art. 35.2.2.5.

Tale angolare deve essere opportunamente forato e munito di un numero di bulloncini di acciaio inossidabile da 1/4" sufficiente ad ottenere il perfetto accostamento dei lembi dei pannelli.

6.17.3.5 Traverse di rinforzo

Il rinforzo sul retro del cartello deve essere costituito da traverse orizzontali o verticali in alluminio, saldate elettricamente, per punti, al cartello.

Dette traverse devono essere dello spessore di 3 mm, piegate a C con le dimensioni di 56x30x15 mm se la misura del cartello, presa normalmente alle traverse, è \geq di 500 mm. Se la misura del cartello è $<$ di 500 mm le traverse a C devono essere di 45x17x12 mm e su queste non è previsto l'uso delle traverse di irrigidimento in ferro di cui all'art. 35.2.2.7.

La distanza in asse fra due traverse e quella dal bordo del cartello, non deve superare rispettivamente 500 mm e 250 mm.

I cartelli devono avere non meno di due traverse.

La lunghezza della traversa deve essere pari a quella del cartello meno 70 mm per lato. Per i segnali di direzione la lunghezza delle traverse deve essere determinata posizionandole ad una distanza dal lato verticale uguale o minore di 70 mm fino a lambire i lati obliqui della punta della freccia.

6.17.3.6 Saldatura elettrica per punti

La saldatura deve essere effettuata con puntatrice elettrica (la distanza massima fra due punti deve essere di 150 mm) su profilati ad omega in modo da non creare sbavature o altra disuguaglianza sulla superficie del cartello.

Utilizzando la traversa a C la distanza massima fra due punti di saldatura deve essere di 100 mm.

6.17.3.7 Traverse di irrigidimento

Le traverse di irrigidimento devono essere in ferro qualità UNI EN 10025 - S235JR, dello spessore minimo di 4 mm, piegate a C con le dimensioni di 50x25x18 mm.

Dette traverse, della lunghezza prescritta come art. 35.2.2.5, devono essere complete di staffe con attacco a morsetto per il collegamento alle traverse di rinforzo nella qualità necessaria.

Sia le traverse che i vari attacchi devono essere zincati a caldo per immersione come da art. 35.2.3.10.

6.17.3.8 Attacchi

Le traverse di rinforzo e le traverse di irrigidimento, in caso di loro utilizzo, poste sul retro del cartello devono portare i relativi attacchi speciali completi di morsetti, staffe o cravatte, bulloni con relative piastrine di ferro, rondelle e quanto necessita per l'adattamento ed il fissaggio ai sostegni ed alle intelaiature di sostegno, tali da non richiedere alcuna foratura del cartello e degli accessori.

Nel caso di installazione di due cartelli a facce contrapposte ad una stessa altezza sugli stessi sostegni, devono essere adottate staffe doppie.

Tutti i materiali ferrosi devono essere zincati a caldo per immersione, come da art. 35.2.3.10 delle presenti Norme.

6.17.3.9 Verniciatura del cartello

La verniciatura deve essere ottenuta mediante l'applicazione di una vernice a polvere a base di resine cotte al forno a temperatura di cottura 140 °C, spessore 25-35 μ m, di colore grigio opaco, nella gradazione precisata dalla Direzione Lavori.

6.17.3.10 Faccia anteriore del cartello

Fondi, lettere, simboli e bordini di contorno dovranno essere eseguiti secondo quanto prescritto per ogni segnale e secondo le disposizioni progettuali:

- con pellicola non retroriflettente (PNR);
- con pellicola retroriflettente di classe 1 (CL1);
- con pellicola retroriflettente di classe 2 (CL2) o di classe 2 microprismatica (CL2-mp);
- con pellicola retroriflettente di classe 2 speciale microprismatica (CL2S-mp)
- con pellicola retroriflettente di classe 2 speciale microprismatica trattata con materiali atti ad evitare la formazione di condensa (CL2S-mp-a);
- con procedimento serigrafico (SER).

L'applicazione della pellicola al supporto metallico deve essere eseguita con l'adesivo presente nella pellicola stessa.

Possono essere utilizzate pellicole già colorate o pellicole bianche successivamente colorate mediante procedimento serigrafico. Gli elaborati progettuali conterranno la tipologia di pellicola da utilizzare.

Per i dischi ed i triangoli e da applicare pellicola a pezzo unico, intendendo con questa definizione un unico pezzo di pellicola, sagomato secondo la forma del segnale, stampato con processo serigrafico; questo deve mantenere le proprie caratteristiche – colorimetriche e di rifrangenza - inalterate per un periodo uguale a quello previsto per la pellicola retroriflettente.

Nei cartelli di dimensioni superiori a 2 m² ognuna delle pellicole applicate sul cartello deve avere una superficie minima di 0,70 m².

Le caratteristiche colorimetriche, fotometriche e tecnologiche cui devono rispondere le pellicole retroriflettenti e le relative metodologie di prova alle quali devono essere sottoposte per essere utilizzate nella realizzazione della segnaletica stradale, sono stabilite dal Ministero dei Lavori Pubblici con D.M. del 31 Marzo 1995 n. 1584 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 106 del 9 Maggio 1995). Le pellicole microprismatiche devono in più avere caratteristiche prestazionali che soddisfino i requisiti della Norma Nazionale UNI 11122.

La Direzione Lavori può richiedere pellicole, con tecnologia microprismatica, ad altissima risposta luminosa con durata di 10 anni, munite di certificazione per la classe 2 ma aventi caratteristiche prestazionali superiori alle pellicole di classe 2 da utilizzarsi in specifiche situazioni stradali:

- segnaletica che per essere efficiente richiede una maggiore visibilità, rispetto alla classe 2, alle brevi, medie e lunghe distanze (segnaletica di cantiere);
- segnali posizionati in modo tale da renderne difficile la corretta visione e interpretazione da parte del conducente del veicolo;
- strade ad elevata percorrenza di mezzi pesanti;
- strade con forte illuminazione ambientale.

Possono essere utilizzate le pellicole di classe 2S-ms-a , trattate con materiali atti a evitare la formazione di condensa, qualora la Direzione Lavori lo ritenga necessario, in zone soggette a tale evento atmosferico. Dette pellicole debbono essere accompagnate da una relazione tecnica, relativa alla valutazione delle effettive proprietà anticondensa, rilasciata da un istituto di misura come previsto dal D.M. 31.03.1995.

Per la realizzazione dei cartelli contenenti il marchio TELEPASS o per quelli a fondo giallo della cantieristica deve essere utilizzata una pellicola di classe 2S-mp fluoro-rifrangente rispondente alle caratteristiche stabilite dalla norma UNI 11122 nel prospetto 2 (tabella 1) per il colore ed al prospetto A2 (tabella 2) per le caratteristiche fotometriche (coefficiente aerico di intensità luminosa).

Tabella 1 - Coordinate cromatiche e fattore di luminanza in condizioni diurne di pellicole microprismatiche fluoro-rifrangenti

Colore	Coordinate cromatiche				Fattore di luminanza β
Giallo		1	2	3	4
	X	0,545	0,487	0,427	0,465
	Y	0,454	0,423	0,483	0,534
> 0,5					

Tabella 2 - Coefficiente di retroriflessione R' (cd/lux m²) minimo per pellicole microprismatiche fluororifrangenti nuove

Angolo di osservazione α [°]	Angolo di illuminazione β_i [°]	Giallo Fluo
0,33	5	180
1,0	5	21
1,5	5	9
0,33	20	144
1,0	20	18
1,5	20	7,8
0,33	30	99
1,0	30	12
1,5	30	5,4
0,33	40	18
1,0	40	2,0
1,5	40	1,0

6.17.3.11 Faccia posteriore del cartello

Successivamente alla verniciatura come da art. 35.2.2.9, devono essere chiaramente indicati: la dicitura "autostrade//per l'Italia S.p.A."; il marchio della Ditta che ha fabbricato il segnale e l'anno di fabbricazione nonché il marchio dell'Organismo di certificazione e il relativo numero del certificato di conformità di prodotto rilasciato. L'insieme delle predette annotazioni non deve superare la superficie di 0,02 m².

Per i segnali di prescrizione devono essere riportati inoltre, gli estremi dell'ordinanza di apposizione.

6.17.4 Costruzione delle strutture

6.17.4.1 Norme progettuali di riferimento

Per la progettazione di tutte le opere in cemento ed in metallo deve assumersi come riferimento l'apposita normativa in materia.

Nella costruzione di profilati di acciaio formati a freddo, si devono rispettare le prescrizioni e tolleranze previste dalle norme UNI relative ai prodotti impegnati.

6.17.4.2 Sostegni per cartelli

I sostegni devono essere in ferro tubolare qualità UNI EN 10025 - S235JR con le seguenti caratteristiche:

Diametro (mm)	Spessore minimo (mm)	Peso (Kg/ml)
48	2,5	2,79
60	3,2	4,19
90	4,0	8,39

Devono essere zincati a caldo per immersione, come da art. 35.2.3.10 delle presenti Norme; possono essere anche del tipo antirrotazione o sagomati per l'ottenimento di uno sbalzo come indicato dai disegni tipo.

Ogni sostegno e controvento deve essere chiuso nella parte superiore con tappo di gomma o materiale plastico e recherà al piede un'asola per l'alloggiamento dello spinotto di ancoraggio al basamento di fondazione. Non deve essere eseguita alcuna saldatura su sostegni e controventi già zincati.

Il tipo di sostegno, le dimensioni e la loro eventuale controventatura devono essere indicati nei disegni di Progetto, fermo restando la responsabilità dell'Appaltatore in merito alla resistenza degli impianti.

La bulloneria impiegata deve essere rispondente alla Norma UNI 3740 classe 8.8.

6.17.4.3 Portali e strutture in acciaio

I portali a cavalletto, a farfalla ed a bandiera devono essere realizzati con profilato tubolare in ferro qualità UNI EN 10025 - S275JR; esenti da difetti come bolle di fusione e scalfitture; tutti i collegamenti tra gli elementi prefabbricati devono essere realizzati mediante flange e devono essere riuniti in opera con bulloni.

Tutte le saldature necessarie per la realizzazione del traliccio devono essere esclusivamente del tipo a penetrazione e devono rispettare quanto previsto dalle norme UNI EN 1011-1.

La base del piedritto deve essere provvista di piastra per l'ancoraggio tra il traliccio metallico ed il basamento di fondazione la cui connessione deve essere effettuata con l'impiego di tirafondi, collegati tra di loro con una piastra, annegati nel plinto e completi di doppi dadi di contrasto.

Le piastre di collegamento tra il montante della struttura e quella di connessione con i tirafondi devono essere unite secondo le indicazioni di volta in volta indicate nel Progetto; il tipo di ferro impiegato deve essere della qualità EN 10025 – S275JR.

I tirafondi da annegare nel basamento in cls e da collegare con l'armatura devono essere in acciaio rispondenti alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 3269.

L'acciaio in tondini per l'armatura dei plinti deve essere della qualità Fe B 44K.

L'altezza minima tra il limite inferiore dei cartelli ed il piano stradale deve essere di 5,20 m.

I portali devono essere zincati a caldo come previsto dall'art. 35.2.3.10 delle presenti Norme, così come i tirafondi e la contropiastra.

Le strutture verticali quali portali a cavalletto, a farfalla, a bandiera, ecc., devono essere realizzati secondo i disegni specifici esecutivi di Progetto.

Eventuali altre soluzioni progettuali devono essere approvate dalla Direzione Lavori.

6.17.4.4 Strutture su pensiline

I cartelli da posizionare al di sopra delle pensiline di stazione per segnalare le modalità di riscossione del pedaggio devono essere installati su apposite strutture le quali devono essere realizzate con ferro di qualità UNI EN 10025 - S235JR.

La bulloneria impiegata deve essere rispondente alla Norma UNI EN ISO 898-1.

Devono essere prodotti alla Direzione Lavori i calcoli statici e i disegni costruttivi di ogni singola struttura.

6.17.4.5 Strutture per segnali su New Jersey

I manufatti necessari per posizionare i segnali, fino ad una superficie di 0,810 m², sulle barriere di sicurezza New Jersey devono essere realizzati con una sella in ferro, qualità UNI EN 10025 - S235JR, di 5 mm che si adatti alla conformazione della barriera.

Nella testa della sella deve essere praticato un foro nel quale deve essere collocato un tubolare di 200 mm, di 76 mm di diametro, di 4 mm di spessore, alla cui estremità inferiore deve essere saldata una piastra in ferro di 100x100 mm, spessore 3 mm.

Dopo aver inserito il bicchiere nel foro realizzato nella sella, devono essere eseguite due saldature perimetrali interna ed esterna. Tale bicchiere deve essere predisposto, inoltre, con due fori passanti che consentano l'inserimento di due bulloni M12, per il bloccaggio del sostegno col cartello, classe 8.8 tesati a 2.000 kg.

In ogni faccia laterale della sella deve essere eseguita un'asola di 40x24 mm per l'alloggiamento della barra filettata e due fori diametro 15 mm per l'eventuale posa di bulloni e relativi prigionieri metallici.

6.17.4.6 New Jersey con foro verticale

Alla piastra in ferro, di 100x100 mm saldata con la sella, deve essere saldato, nella parte inferiore un tubolare di 300 mm con diametro di 48 mm.

Il bicchiere di cui sopra e la sella, devono essere uniti tra di loro saldando due fazzoletti in acciaio triangolari, di 100x150 mm spessore 5 mm, applicati nel senso del massimo sforzo.

6.17.4.7 New Jersey con foro orizzontale

Il bloccaggio del manufatto alla barriera deve avvenire con una barra filettata M20 e due dadi autobloccanti, classe 8.8 tesata a 5.000 kg usufruendo del foro passante esistente.

6.17.4.8 New Jersey senza fori

Il bloccaggio del manufatto deve essere realizzato effettuando un foro passante al fine di poter inserire una barra filettata M20 e due dadi autobloccanti, classe 8.8 tesata a 5.000 kg.

6.17.4.9 Supporto per sostegni su barriera metallica

Il supporto per il bloccaggio del sostegno alla barriera metallica deve essere realizzato utilizzando una staffa in ferro, qualità UNI EN 10025-S235JR, composta da un collare normale o antirotazione che avvolge il palo, una piastra sagomata a C, spessore 5 mm, sulla quale devono essere saldate due barre filettate diametro 14 mm e bulloneria necessaria.

Per quei casi particolari e puntuali, dove i manufatti previsti nel presente Capitolato Speciale non sono applicabili, La Direzione Lavori deve determinare la tipologia di attacco più idonea.

L'installazione di segnali in galleria, consentita solo su sostegni a parete o in volta, deve utilizzare staffe in ferro, qualità UNI EN 10025-S235JR, idonee alla parte di manufatto sulla quale devono essere fissate.

6.17.4.10 Zincatura a caldo per immersione

Tutti gli elementi di materiale ferroso impiegati per i lavori previsti nel presente Capitolato Speciale devono essere zincati mediante immersione in zinco fuso (zincatura detta a caldo ed anche a fuoco) a scopo protettivo contro la corrosione.

Questa operazione deve essere eseguita con le modalità e le prescrizioni previste dalla norma C.N.R. - CEI n. 7-6 del Luglio 1968.

Lo zinco da impiegare nel bagno deve essere di qualità Zn 99,95 EN 1179/05.

I valori di zincatura prescritti dalla succitata norma sono riassunti nella tabella seguente; gli elementi ferrosi non riportati nella stessa devono essere zincati in base al rispettivo spessore.

Tipologia oggetto	Massa dello strato di zinco g/m ²		Spessore dello strato di zinco µm	
	media sui campioni esaminati	minima su campione singolo	medio sui campioni esaminati	minimo su campione esaminato
A Traverse e morsetti Tubolari e staffe ø 60 e ø 90 Portali Profilato per delineatori in gallerie con marciapiede Tutti gli oggetti in acciaio aventi 3 mm o più di spessore, esclusi gli oggetti assimilabili alle classi C e D	600	550	86	78

Tipologia oggetto	Massa dello strato di zinco g/m ²		Spessore dello strato di zinco µm	
	media sui campioni esaminati	minima su campione singolo	medio sui campioni esaminati	minimo su campione esaminato
B Tubolari ø 48 Delineatori su guardavia Paletti scambio carreggiata Tutti gli oggetti in acciaio aventi spessore minore a 3 mm, esclusi gli oggetti assimilabili alle classi C e D	400	350	57	50
C Ganci, perni, viti, dadi ed altri oggetti assimilabili, di diametro uguale o maggiore a 10 mm	400	350	57	50
D Ganci, perni, viti, dadi ed altri oggetti assimilabili, di diametro minore di 10 mm	300	250	43	36

I campioni prelevati dalla Direzione Lavori devono essere sottoposti alle prove previste dalla succitata norma CEI e più precisamente:

- determinazione della massa dello strato di zinco;
- qualità dello zinco;
- spessore dello strato di zinco;
- uniformità di spessore del rivestimento di zinco;
- aderenza dello strato di zinco.

6.17.5 Posa in opera

6.17.5.1 Caratteristiche generali

Visibilità dei segnali

Al fine di garantire la perfetta visibilità, di giorno come di notte, in qualsiasi condizione, per ciascun segnale deve essere garantito uno spazio di avvistamento, tra il conducente ed il segnale stesso, libero da ostacoli.

Le misure minime del suddetto spazio di avvistamento sono indicate dettagliatamente dall' art. 39 del D.Lgs 30 aprile 1992, n° 285 (Nuovo Codice della Strada) nonché dall'art. 79 del D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495 (Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada) così come modificato dal D.P.R. 16 settembre 1996 n° 610.

Per i segnali di indicazione tale distanza è di 250 m.

Distanza dalla carreggiata

La distanza tra l'estremità del cartello, lato carreggiata, ed il margine della carreggiata stessa deve essere minima 0,50 m e massima 1,00 m; fanno eccezione tutti i cartelli dello spartitraffico, quelli a sbalzo, quelli in prossimità delle gallerie, quelli in galleria, ecc., che devono essere di volta in volta esaminati dalla Direzione Lavori.

Altezza dalla pavimentazione

L'altezza tra il bordo inferiore del cartello e la pavimentazione deve essere minimo 1,20 m e massimo 1,50 m secondo un criterio di proporzione inversa rispetto alle dimensioni del cartello; fanno eccezione le targhe chilometriche, i cartelli per la numerazione dei cavalcavia, la cui altezza deve essere di 1,70 - 1,80 m e tutti gli altri cartelli in posizioni particolari la cui altezza sarà stabilita di volta in volta dalla Direzione Lavori.

L'altezza minima tra la pavimentazione ed il bordo inferiore del o dei cartelli, collocati al di sopra della carreggiata deve essere di 5,20 m.

In ogni caso sullo stesso itinerario deve essere rispettata un'altezza uniforme.

Installazione della segnaletica L'installazione della segnaletica al lato della carreggiata deve essere eseguita in modo tale che il segnale abbia un'inclinazione rispetto al flusso del traffico di 93°.

I segnali, collocati al di sopra della carreggiata, devono essere installati in modo tale da avere una inclinazione rispetto al piano perpendicolare di circa 3° verso il lato da cui proviene il traffico. Il giudizio dell'esattezza di tale posizione è riservato in modo insindacabile alla Direzione Lavori.

6.17.5.2 Posa in opera degli impianti su terra

Nella posa in opera di tubolari in ferro di sostegno su terra si deve realizzare un blocco di ancoraggio in calcestruzzo di cemento non inferiore alla classe Rck 20 MPa delle dimensioni minime di 0,50x0,50x0,70 m.

Nei casi in cui non si ritenga idonea, per la stabilità dell'impianto, la fondazione sopradescritta, l'Appaltatore deve opportunamente dimensionarla. Detti basamenti devono essere sottoposti all'approvazione della Direzione Lavori con l'avvertenza che tale approvazione non esonera in alcun modo l'Appaltatore stesso dalle sue responsabilità in ordine alla resistenza degli impianti.

L'approvazione preliminare da parte della Direzione Lavori deve essere condizione determinante per la corresponsione di eventuali compensi.

Il controvento deve essere ancorato al sostegno secondo quanto indicato negli elaborati progettuali. Ogni sostegno tubolare deve essere chiuso nella parte superiore con tappo di gomma o materiale plastico e recherà un'asola per l'alloggiamento dello spinotto di ancoraggio al basamento di fondazione.

Il controvento deve essere ancorato al sostegno con una particolare staffa ad una distanza dal bordo superiore del cartello pari a un terzo dell'altezza complessiva del cartello stesso.

Il controvento deve avere un'inclinazione, rispetto al sostegno, di 30°.

Deve essere inoltre ripristinato, sia sullo spartitraffico che sulle scarpate o in qualunque altra situazione di continuità, il preesistente piano di posa.

6.17.5.3 Posa in opera di portali, monopali e strutture in acciaio

I portali devono essere posti in opera su basamenti di calcestruzzo armato, delle dimensioni come da Progetto, di classe non inferiore a Rck 25 MPa.

Le dimensioni e l'armatura in ferro di detti basamenti devono essere in linea con quanto disposto negli elaborati progettuali.

Le dimensioni e l'armatura in ferro di detti basamenti devono essere determinate dall'Appaltatore, tenendo presente che l'alloggiamento della struttura ai basamenti deve avvenire mediante flange e relativi tirafondi;

devono essere prodotti alla Direzione dei Lavori i relativi calcoli.

Le parti costituenti il traliccio dovranno essere unite impiegando bulloneria rispondente alla norma UNI 3740-1 classe 8.8.

Tutte le unioni bullonate dovranno essere testate ai valori prescritti negli elaborati progettuali. Nel caso di portali e monopali a bandiera si deve realizzare il basamento sulla scarpata laterale, cercando di evitare il posizionamento sulla cuspide. La determinazione del peso delle strutture deve essere effettuata in pese pubbliche ed i certificati di pesa devono essere allegati al verbale di pesatura. Non deve essere eseguita alcuna saldatura su strutture già zincate. La piastra e i tirafondi con relativi dadi devono essere protetti dagli agenti atmosferici e corrosivi mediante l'applicazione di silicone. Il tutto deve essere sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori; tale approvazione non esonera in alcun modo l'Appaltatore stesso dalle responsabilità in ordine alla resistenza degli impianti.

6.17.5.4 Posa in opera di strutture per pensiline

La struttura deve essere ancorata alla pensilina mediante staffe in acciaio opportunamente dimensionate, barre filettate o bulloni; le dimensioni e il numero per garantire il suddetto ancoraggio devono essere determinate dal progettista a seconda dei diversi tipi di pensilina utilizzati, producendo alla Direzione Lavori i relativi calcoli e disegni. La determinazione del peso delle strutture deve essere effettuata in pese pubbliche ed i certificati di pesa devono essere allegati al verbale di pesatura. Il tutto deve essere sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori; tale approvazione non esonera in alcun modo l'Appaltatore stesso dalle responsabilità in ordine alla resistenza degli impianti. Sulle pensiline di vecchia costruzione si dovrà prestare particolare attenzione nell'installazione delle strutture, evitando di causare danni (infiltrazioni d'acqua, sfondamento delle coperture ecc.). Gli stessi, una volta accertata la responsabilità, verranno addebitati all'Appaltatore dei lavori.

6.17.5.5 Posa in opera degli impianti al new Jersey con foro verticale

Per tale installazione si deve adottare uno speciale manufatto in ferro calzante la testa del new jersey inserendo lo spezzone tubolare, di 0,30 m e diametro 48 mm, nel foro verticale esistente. Il sostegno, diametro 60 mm, deve essere in ferro, deve essere chiuso nella parte superiore con tappo di gomma o materiale plastico e deve avere nella parte inferiore due fori passanti. Il sostegno deve essere inserito nel bicchiere, un tubolare in ferro diametro 76 mm preforato, e deve essere unito al manufatto mediante 2 bulloni M12 passanti. La testa del bicchiere deve essere sigillata con silicone o materiali simili, al fine di proteggere il manufatto da infiltrazioni d'acqua. Il manufatto deve essere bloccato al New Jersey, usufruendo dei fori esistenti sulle facce laterali del manufatto stesso, mediante 2 bulloni con relativi prigionieri metallici ad espansione M12 x 100 che devono essere posizionati uno per faccia laterale.

6.17.5.6 Posa in opera degli impianti al new Jersey con foro orizzontale

Si deve adottare uno speciale manufatto in ferro calzante la testa del new jersey in corrispondenza del foro orizzontale esistente. Il bloccaggio del manufatto alla barriera deve avvenire con una barra filettata M20 tesata a 5.000 kg e due dadi autobloccanti, classe 8.8, usufruendo del foro passante. La tipologia del sostegno, la posa in opera ed il serraggio tra il manufatto ed il sostegno deve essere effettuato come descritto nell'art 35.2.4.5. Qualora per motivi particolari la Direzione Lavori lo ritenga opportuno, la stessa potrà ordinare la messa in opera di due o più bulloni con relativi prigionieri metallici ad espansione M12.

6.17.5.7 Posa in opera degli impianti al new Jersey senza fori

Si deve adottare uno speciale manufatto in ferro calzante la testa del new jersey in corrispondenza del foro orizzontale che deve essere realizzato perpendicolarmente all'asse del new jersey stesso così da consentire la collocazione della barra filettata M20 tesata a 5.000 kg per il bloccaggio del manufatto alla barriera con due dadi autobloccanti, classe 8.8. La tipologia del sostegno, la posa in opera ed il serraggio tra il manufatto ed il sostegno deve essere effettuato come descritto nell'art. 35.2.4.5.

Qualora per motivi particolari la Direzione Lavori lo ritenga opportuno, la stessa potrà ordinare la messa in opera di due o più bulloni con relativi prigionieri metallici ad espansione M12.

6.17.5.8 Posa in opera degli impianti su paletti M100 o di sostegno del guardrail

Il tubolare di sostegno in ferro, chiuso nella parte superiore con tappo di gomma o materiale plastico, deve essere fissato al paletto M100 o a quello di sostegno del guardrail mediante due staffe in acciaio realizzate come da art. 35.2.3.9.

6.17.5.9 Posa in opera degli impianti su punti particolari

Nel caso in cui l'impianto deve essere installato in punti non previsti agli articoli precedenti, il manufatto di ancoraggio predisposto deve essere posizionato secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

6.17.5.10 Segnaletica antinebbia

Nei tratti stradali classificati ad alta frequenza di nebbia può essere installata una specifica segnaletica verticale didattica che ha il compito di fornire alla clientela in viaggio indicazioni sulla condotta di guida più consona all'intensità di nebbia presente.

Tale segnaletica deve essere composta da cinque tipologie di cartelli:

- Tipo A: indica l'inizio del tratto antinebbia;
- Tipo B: indica gli elementi caratterizzanti il tratto antinebbia;
- Tipo C: indica la velocità consigliata in caso sia visibile al cliente un unico delineatore o semiellisse;
- Tipo D: indica la velocità consigliata in caso siano visibili al cliente due delineatori o semiellissi;
- Tipo E: indica il termine del tratto antinebbia.

I suddetti cartelli devono essere installati lungo il tratto seguendo le seguenti disposizioni:

- all'inizio del tratto devono essere installati i segnali di tipo A,B,C e D;
- ogni 5 km e dopo l'ingresso dalle stazioni stradali devono essere installati i segnali B,C e D;
- la distanza tra i segnali deve essere di circa 200 m
- il termine del tratto deve essere identificato con il cartello di tipo E.

La grafica dei segnali di tipo B, C e D varia a seconda della tipologia della carreggiata, pertanto questa unitamente alle misure e al tipo di pellicola deve essere conforme a quanto previsto nel presente Capitolato Speciale.

6.17.5.11 Numerazione delle opere soprapassanti

Per ogni opera soprapassante devono essere posizionati due impianti.

Questi devono essere collocati ad una distanza di circa 40/60 m prima e dopo l'asse del cavalcavia stesso.

Ogni impianto deve essere costituito da un sostegno o struttura al quale devono essere montati due cartelli (900x900 o 600x600 mm) con l'indicazione dell'strada e del numero progressivo dell'opera soprapassante.

La posa in opera degli impianti deve essere eseguita nello spartitraffico ed i segnali devono essere posizionati in modo tale che abbiano un'inclinazione rispetto al flusso del traffico di 93°.

Solamente dove non sia possibile l'installazione dei segnali, anche di formato ridotto, sul lato sinistro della carreggiata (es. muro a retta), questi devono essere collocati sul lato destro garantendo comunque una perfetta visibilità dei cartelli sia sulla sede stradale che dal cavalcavia.

In presenza di autostrade con carreggiate a sedi separate o con larghezze di banchina centrale tali da non consentire una corretta visibilità e leggibilità del messaggio riportato sui segnali, si devono posizionare due impianti per ogni carreggiata.

In vicinanza di cavalcavia a ridosso di gallerie, gli impianti devono essere posizionati comunque all'esterno dei tunnel.

Quando due o più cavalcavia sono ad una distanza ridotta tra di loro (es. 40 m) gli impianti devono essere installati a distanze inferiori a quelle prescritte e comunque a non meno di 5 m dalla

proiezione del cavalcavia stesso sulla carreggiata stradale, al fine di garantire la leggibilità dei segnali dal cavalcavia.

L'altezza tra il bordo inferiore del cartello e la pavimentazione deve essere minimo 1,70 m e massimo 1,80 m.

Fanno eccezione le targhe in posizioni particolari la cui altezza sarà stabilita di volta in volta dalla Direzione Lavori. In nessun caso il segnale deve essere posizionato in modo tale da superare in larghezza la sagoma della barriera di sicurezza.

Qualora nello spartitraffico sia presente la rete per impedire l'attraversamento della carreggiata, i segnali devono essere collocati al di sopra della rete stessa.

La numerazione delle opere soprapassanti deve avere origine dal primo caposaldo e deve essere progressiva.

L'Appaltatore è responsabile della resistenza degli impianti.

Le opere soprapassanti sono numerate sequenzialmente secondo la Direttiva del Ministero dei Lavori Pubblici n°1156 del 28 febbraio 1997.

6.17.5.12 Segnali di limite massimo di velocità in caso di nebbia

I cartelli compositi di limite massimo di velocità in caso di nebbia devono essere installati sulle tratte soggette a tale fenomeno atmosferico e contenute nel Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici n. 335 del 16 febbraio 1993.

La composizione grafica di tali cartelli è contenuta nel citato D.M.

Le caratteristiche costruttive dovranno essere comunque conformi a quanto contenuto nel presente Capitolato Speciale.

6.17.5.13 Segnaletica di indicazione delle modalità di pagamento

Le specifiche costruttive devono essere conformi a quanto contenuto nel presente Capitolato Speciale.

Le composizioni grafiche e le tipologie dei materiali da utilizzare sono contenute nell'elaborato tecnico VTP2005.

6.17.6 Rettifiche e rimozione

6.17.6.1 Rettifiche alla segnaletica

L'Appaltatore si deve assumere la responsabilità della perfetta conservazione della segnaletica in opera accollandosi l'incarico di eseguire le eventuali correzioni, modifiche o aggiunte sui cartelli già in opera che possono essere ordinate dalla Direzione Lavori fino al giorno del collaudo.

Nel caso di piccole correzioni, l'Appaltatore deve provvedere sul posto alla modifica impiegando pellicole autoadesive.

Quando sia necessario operare in laboratorio dette correzioni, queste devono essere eseguite nel modo descritto all'art. 35.2.2.10.

Le sopraccitate modifiche devono essere compensate come da Elenco Prezzi.

Il giudizio sull'esattezza del posizionamento dei segnali deve essere riservato in modo insindacabile alla Direzione Lavori e rimane ad esclusivo carico e spesa dell'Appaltatore ogni operazione e fornitura relativa allo spostamento dei segnali giudicati non correttamente posati.

6.17.6.2 Rimozione della segnaletica

Gli impianti segnaletici devono essere completamente rimossi dalla sede di posa. I materiali di risulta devono essere trasportati dall'Appaltatore nelle seguenti destinazioni di ricovero:

- Magazzini Autostrade per L'Italia S.p.A., per i profilati in ferro di qualsiasi forma e dimensione e per l'alluminio;
- Discarica autorizzata, per i basamenti di fondazione.

Deve essere, inoltre, ripristinato sullo spartitraffico, sulle scarpate o in qualunque altra situazione di continuità il preesistente piano di posa.

6.17.7 Indicazioni progettuali specifiche

6.17.7.1 Segnali Ponte e Galleria

Le targhe indicanti i viadotti sono previste solo se la lunghezza del manufatto è \geq a 50 m. (fig. Il 317 art. 135 del D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495).

Le targhe indicanti le gallerie sono sempre previste indipendentemente dalla lunghezza del manufatto. (fig. Il 316 art. 135 del D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495).

6.17.7.2 Itinerari internazionali

Gli itinerari internazionali (fig. Il 256 art. 129 del D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495) devono essere indicati con le modalità di seguito indicate:

Lungo il tratto stradale 1) sul preavviso di bivio, alla sinistra del capostrada o caposaldo. Qualora la lunghezza del toponimo sia tale da rendere problematico l'inserimento della fig. Il art. 129 del D.P.R. 16 dicembre 1992, n° 495, quest'ultima deve essere impaginata sotto il toponimo, allineata a sinistra sul pannello di sinistra del portale alla sinistra del capostrada o caposaldo;

2) nel caso che un tratto stradale faccia parte di due o più "itinerari internazionali" le indicazioni di prosecuzione sui preavvisi di bivio e sui portali devono essere integrate con le due o più sigle fino al loro punto di divergenza;

3) quando due autostrade si intersecano direttamente o tramite un'altra strada, sulla strada A deve essere data l'indicazione dell'strada B e si deve indicare l'itinerario di inizio dell'strada B.

In corrispondenza delle uscite stradali

1) se l'itinerario internazionale esce dall'strada e prosegue sulla strada di intersezione:

- sul preavviso di bivio, inserito nel tratto orizzontale della freccia a destra, prima del nome della stazione o dello svincolo;
- sul pannello di destra del portale, alla sinistra del nome della stazione o dello svincolo;
- sul preavviso di bivio e sulle frecce di cuspidi relativi all'intersezione esterna;

2) se l'itinerario è indicato solamente sui cartelli degli itinerari esterni, il segnale di indicazione degli itinerari internazionali deve essere riportato solo sulle frecce di cuspidi relative all'intersezione esterna.

In corrispondenza delle entrate stradali

1) nel preavviso di bivio, sulla viabilità esterna, a sinistra dell'indicazione del tratto stradale che si andrà a percorrere;

2) sulle frecce di indicazione in cuspidi;

3) sul preavviso di bivio posto subito dopo le stazioni stradali, in entrata. Nel caso in cui non sia possibile installare tale cartello:

- se l'itinerario internazionale è unico, per le due direzioni, non deve essere indicato su nessun cartello;
- se l'itinerario internazionale è più di uno, questi saranno indicati nei segnali di direzione posti in cuspidi in entrata subito dopo la stazione.

6.17.7.3 Segnali retro-illuminati in galleria

A discrezione della Direzione Lavori all'interno delle gallerie possono essere installati, in alternativa alla normale segnaletica rifrangente, dei segnali retroilluminati (illuminati per trasparenza) sia per le eventuali prescrizioni/indicazioni di codice che per segnalare dotazioni di emergenza, colonnine SOS, vie di fuga o localizzazione luoghi sicuri.

Tutta la segnaletica utilizzata dovrà essere conforme alle caratteristiche costruttive e prestazionali previste dalla norma UNI 12899-1 del gennaio 2003 e a quanto contenuto negli articoli 156 e 157 del Regolamento di Esecuzione e Attuazione del Codice della Strada.

Qualora il segnale illuminato per trasparenza sia in avaria, lo stesso deve mantenere le sue caratteristiche colorimetriche e di rifrangenza.

6.17.7.4 Segnali per vie di fuga e luoghi sicuri in galleria

I segnali all'interno delle gallerie utilizzati per segnalare le vie di fuga o i luoghi sicuri dovranno essere conformi a quanto contenuto nel D.Lgs. n°264 del 5 ottobre 2006 di attuazione della Direttiva Europea 2004/54/CE del 29 aprile 2004.

6.17.8 Certificazioni e prove

I materiali da impiegare nelle lavorazioni devono essere forniti da Produttori che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione, in conformità della Circolare del LL.PP. n. 2357 del 16/05/1996 e successive modificazioni.

La qualità dei materiali deve essere comunque verificata tutte le volte che la Direzione Lavori lo riterrà necessario ed in qualsiasi fase della produzione e/o realizzazione dei lavori.

Le unioni bullonate, compresi i tirafondi di fondazione, devono essere sottoposte all'atto della posa in opera, dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, a verifica con chiave dinamometrica, tarata e dotata di bussole intercambiabili, dei valori della coppia di serraggio previsti in Progetto, sulla base delle indicazioni riportate nella norma CNR UNI 10011/88.

Per ogni giunto devono essere verificati da quattro a sei bulloni e deve essere redatto il relativo verbale di constatazione.

Per le unioni saldate si dovrà produrre le certificazioni, rilasciate da Istituti o Laboratori di certificazione riconosciuti legalmente, le quali attestino che tutte le saldature relative a tutte le unioni di forza ed il 20% delle saldature di dettaglio di ogni singola struttura o portale, sono state sottoposte a controllo manuale mediante ultrasuoni nel rispetto della norma UNI EN 1714/05.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di svolgere ispezioni in officina o nei laboratori e di prelevare in qualsiasi momento, senza preavviso ed anche dopo la fornitura in opera, campioni di tutti i materiali impiegati per sottoporli alle analisi e prove che riterrà opportuno eseguire presso noti Istituti specializzati, autorizzati e competenti, allo scopo di rendere soddisfatte tutte le prescrizioni richiamate nel presente Capitolato Speciale.

I prelievi di materiale devono avvenire in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore e deve essere redatto il relativo verbale di prelievo.

Le campionature relative alla zincatura possono essere inviate dalla Direzione Lavori ad un laboratorio di fiducia per essere sottoposte alle analisi di controllo.

Le relative spese per sottoporre ad analisi e prove i vari campioni, comprese quelle di prelievo e di spedizione prima e dopo la verifica verranno addebitate al fornitore.

6.17.9 Penali

Qualora i risultati delle certificazioni, relativi alla qualità dei materiali ed alla realizzazione dei manufatti e/o i risultati delle prove predisposte dalla Direzione Lavori, non fossero rispondenti al presente Capitolato Speciale, dovranno essere applicati i seguenti provvedimenti.

6.17.9.1 Forme e dimensioni dei segnali

Dovranno essere sostituiti a cura e spese dell'Appaltatore tutti i segnali realizzati con forme e dimensioni diverse da quelle previste dalle norme citate in Premessa ed a quanto esposto dettagliatamente nei disegni di Progetto.

6.17.9.2 Qualità dell'acciaio

Dovranno essere sostituiti a cura e spese dell'Appaltatore tutti i materiali e/o strutture sia forniti che posti in opera, realizzati con qualità di acciaio diverse da quelle richieste.

6.17.9.3 Bulloneria

Dovrà essere sostituita a cura e spese dell'Appaltatore tutta la bulloneria sia fornita che posta in opera, se non rispondente alla norma UNI EN 20898 classe 8.8.

6.17.9.4 Unioni saldate

Dovranno essere sostituite a cura e spese dell'Appaltatore tutte le strutture, sia fornite che poste in opera, realizzate con saldature non conformi a quanto previsto nel presente Capitolato Speciale.

6.17.9.5 Zincatura

Dovranno essere applicate le penali sotto elencate sull'importo totale relativo alla fornitura della tipologia dei materiali ferrosi, presi in esame, se gli stessi presenteranno uno spessore di zinco inferiore a quanto previsto al precedente specifico punto.

Tipo	Variazione percentuale di quantità o qualità di protezione anticorrosiva in meno, rispetto al richiesto	Sanzione percentuale da applicarsi sul prezzo/i relativo all'opera non a norma
A	Fino al 10%	5%
B	Dal 10% al 20%	10%
C	Oltre il 20%	Sostituzione completa dei materiali

6.17.9.6 Alluminio

Dovranno essere sostituiti a cura e spese dell'Appaltatore tutti i segnali realizzati con lamiera di alluminio non rispondenti a quanto previsto nel presente Capitolato Speciale.

6.17.9.7 Pellicole retro-riflettenti

Tutti i segnali realizzati con pellicole risultate non rispondenti a quanto previsto dalle Norme in vigore dovranno essere sostituite a cura e spese dell'Appaltatore.

6.17.9.8 Posa in opera

Tutti i basamenti realizzati con dimensioni inferiori rispetto a quelli riportati negli elaborati progettuali dovranno essere rimossi e nuovamente realizzati a cura e spese dell'Appaltatore; potranno anche essere adeguati secondo le direttive indicate dalla Direzione Lavori.

Dovranno essere ad esclusivo carico e spesa dell'Appaltatore ogni operazione e fornitura relativa allo spostamento dei segnali giudicati non correttamente posati.

6.17.10 Garanzie di durata

L'Appaltatore deve comunque garantire quanto segue:

- le pellicole, applicate secondo le tecniche prescritte dal fabbricante e dalle presenti Norme, non dovranno presentare, per almeno 7 anni, per quelle non retro-riflettenti e retro-riflettenti di classe 1, 10 anni per quelle retro-riflettenti di classe 2, 2-mp, 2s-mp e 2s-mp-a, di esposizione all'esterno, alcuna decolorazione, (restando nelle coordinate dei limiti cromatici di cui alla tabella I del Decreto Ministeriale del 31 marzo 1995 n. 1584) nessuna fessurazione, corrugamento, formazione di scaglie o bolle, cambio di dimensioni, segni di corrosione, distacco dal supporto o diminuzione dell'adesione;
- i supporti, le traverse, le staffe, i sostegni e tutti i materiali metallici che compongono l'impianto segnaletico, per almeno 10 anni di esposizione all'esterno, non dovranno presentare alcuna forma di ossidazione, nemmeno in piccole quantità;
- la posa in opera deve essere eseguita a perfetta regola d'arte e l'impianto segnaletico dovrà resistere al vento spirante a 150 km/h e non presentare per almeno 10 anni alcuna anomalia (distacco anche parziale di traverse, bulloni tranciati, staffe lente, ecc.).

6.17.11 Norme per la misurazione e valutazione dei lavori

Le quantità dei lavori devono essere determinate con metodi geometrici in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi.

In nessun caso devono essere tollerate dimensioni minori di quelle ordinate e l'Appaltatore deve essere chiamato ad eseguire il rifacimento a sua cura e spese.

Le misure devono essere prese in contraddittorio, via via che si procede all'esecuzione delle opere, e devono essere riportate su apposito libretto che deve essere firmato dagli incaricati della Direzione

Lavori e dell'Appaltatore. Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di liquidazione finale dei lavori.

Le norme da seguire nella misurazione e valutazione dei lavori devono essere:

- 1) l'area dei pannelli di qualsiasi forma e consistenza deve essere misurata rilevando la superficie netta della faccia anteriore dei pannelli stessi, non tenendo conto dei risvolti costituenti l'eventuale scollatura;
- 2) qualora lo spessore della lamiera fosse inferiore a quello stabilito nel Capitolato Speciale, la Direzione Lavori deve valutare caso per caso se deve provvedere alla contabilizzazione del pannello applicando il prezzo di elenco relativo allo spessore immediatamente inferiore oppure applicare le disposizioni dell'art. 35.2.8.1.
Resta inteso che l'accertamento dello spessore del pannello deve essere eseguito al netto di pellicole;
- 3) i metalli lavorati e sagomati per l'intelaiatura dei pannelli devono essere valutati a peso e dati in opera completi di ogni onere per il fissaggio e l'irrigidimento;
- 4) i pali devono essere valutati a peso, dati a pie d'opera;
- 5) qualora per esigenze particolari si rende necessario effettuare aggiunte o modifiche di fondi, scritte o simboli su cartelli già realizzati, la misurazione dell'area dei fondi deve essere effettuata per la superficie effettiva. La misurazione dell'area delle pellicole per lettere, simboli, marchi ecc. deve essere effettuata misurando la superficie del parallelogramma ortogonale che circoscrive ogni singola lettera o figura valutandola ai singoli prezzi di elenco.

6.17.12 Delineatori stradali

I delineatori stradali fanno parte del gruppo dei "Segnali Complementari".

Per delineatori complementari si intendono, ai sensi dell'articolo 42, comma 1 del Codice della Strada, quei dispositivi e mezzi segnaletici destinati ad evidenziare o rendere noto:

- il tracciato stradale;
- particolari curve e punti critici;
- ostacoli posti sulla carreggiata o ad essa adiacenti.

I segnali complementari si suddividono in:

- 1) delineatori normali di margine;
- 2) delineatori speciali;
- 3) mezzi e dispositivi per segnalare gli ostacoli;
- 4) isole di traffico.

6.17.12.1 Delineatori normali di margine

Le caratteristiche dei delineatori normali di margine sono prescritte dall'art. 173 del Regolamento di Esecuzione e di Attuazione del Nuovo Codice della Strada.

Impiegati lungo le autostrade, ne indicano i margini visualizzando a distanza le carreggiate.

Lungo le carreggiate stradali e sui rami di svincolo monodirezionali i delineatori in sinistra dovranno avere due elementi rifrangenti di colore giallo della superficie minima rifrangente di 30 cm² e quelli in destra uno della superficie minima rifrangente di 60 cm².

Sui rami di svincolo bidirezionali i delineatori in sinistra, rispetto alla corrente di traffico dovranno avere un elemento rifrangente di colore bianco e in destra un elemento rifrangente di colore rosso; entrambi dovranno avere una superficie minima rifrangente di 30 cm².

Le caratteristiche fisiche e chimiche dei materiali da usare per la costruzione dei delineatori normali, le dimensioni e le forme degli stessi, nonché i requisiti fotometrici e colorimetrici degli elementi rifrangenti sono stabiliti con apposito disciplinare tecnico approvato con Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica.

I delineatori sono costituiti da paletti di colore bianco con fascia nera alta 25 cm, posta nella parte superiore, nella quale devono essere inseriti elementi rifrangenti volti verso le correnti di traffico interessate.

Il paletto del delineatore deve essere a sezione trapezoidale con spigoli arrotondati che devono potersi iscrivere in un rettangolo di 10x12 cm, con lato minore parallelo all'asse stradale.

Devono essere costruiti mediante soffiaggio, in appositi stampi, di una candela continua di polietilene ad alta densità e della migliore qualità, arricchito di aditivi antinvecchiamento. La parte superiore di colore nero dovrà essere incorporata nel segnalimite in fase di stampaggio, escludendosi operazioni di verniciatura o incastro a pressione.

Il materiale utilizzato deve essere sufficientemente elastico ed avere un'elevata resistenza strutturale.

I paletti dei delineatori devono portare impresso l'anno di fabbricazione ed il marchio della ditta produttrice. La stabilità alle escursioni termiche deve essere garantita per una temperatura minima di -15 °C ed una massima di +80 °C.

Il polimero deve presentare valori compresi nei seguenti limiti:

- 5) purezza del polietilene ad alta densità (trattamento all'ebollizione con tricloroetilene) – il polietilene è puro se assorbe meno del 35% di tricloroetilene e cede al tricloroetilene meno del 4% del suo peso;
- 6) indice di fluidità (meltindex): 0,2 – 0,4;
- 7) densità: 0,95;
- 8) carico di rottura: prima dell'esposizione continua all'azione dei raggi ultravioletti in un apparecchio "Weather o meter", deve essere di 220 kg/cm²; dopo l'esposizione deve essere almeno 85% del valore iniziale;
- 9) resistenza all'urto: prima dell'esposizione ai raggi ultravioletti, la resistenza all'urto deve raggiungere un minimo di 9 kg/cm²; dopo l'irradiazione la resistenza deve raggiungere almeno l'80% del valore ottenuto prima dell'esposizione;
- 10) la resistenza agli agenti chimici è testata con i sotto elencati agenti aggressivi:
 - cloruro di sodio al 20%;
 - cloruro di calcio al 20%
 - idrossido di ammonio al 10%
 - acido cloridrico al 10%
 - acido solforico al 10%
 - olio minerale
 - benzina

L'accertamento di eventuali modificazioni occorse al paletto segnalimite in esame dovrà essere effettuata mediante pesatura dello stesso prima e dopo l'immersione nelle soluzioni di cui sopra.

Nel delineatore di destra, l'elemento rifrangente deve essere di colore giallo, di forma rettangolare e della superficie rifrangente minima di 60 cm²; nel delineatore di sinistra i due elementi rifrangenti, posti verticalmente l'uno rispetto all'altro, devono essere di colore giallo, di forma rettangolare e ciascuno, con una superficie rifrangente minima di 30 cm², ad una distanza fra loro pari al doppio dell'altezza di ciascun dispositivo, con una tolleranza in più del 10%.

Sia i catadiottri di destra che quelli di sinistra, corrispondenti, devono avere le stesse dimensioni e caratteristiche, con la base maggiore parallela alla pavimentazione stradale.

Gli elementi rifrangenti devono essere realizzati in metacrilato di metile di colore giallo.

I catadiottri, per essere regolari, devono seguire le seguenti norme:

- Devono essere omologati dal Ministero dei Trasporti Dipartimento dei Trasporti Terrestri e devono riportare impresso il numero dell'omologazione e il nome del fabbricante;
- devono essere rettangolari con superficie minima rifrangente di 60 cm² e il valore minimo di intensità luminosa dovrà essere di 20 m.c.d./lux cm², rilevato a 20° di incidenza e 20° di divergenza;
- devono presentarsi inalterati dopo la prova di resistenza all'esposizione per invecchiamento ai raggi ultravioletti e infrarossi (durata della prova 72 h, lampada OSRAM ULTRA LIGHT da 1000 W, temperatura massima 65°C } 1);
- devono presentare una perfetta tenuta stagna nella prova di immersione in acqua (durata della prova 24 h, temperatura 20°C } 1).

Devono inoltre essere collocati come stabilito dall'art. 173 del Regolamento di Esecuzione e Attuazione del Nuovo Codice della Strada: al limite esterno della banchina e comunque a non meno di 50 cm dal bordo esterno della carreggiata.

I delineatori devono essere infissi nel terreno per una profondità di 30 cm, curando sia la verticalità e l'allineamento del paletto stesso che l'angolarità del o dei catadiottri.

Il terreno intorno al paletto va compattato.

I delineatori posizionati su cordoli o cunette in calcestruzzo devono essere infissi in un foro sagomato praticato nel calcestruzzo stesso.

L'altezza fuori terra deve essere compresa fra 70 e 110 cm e comunque omogenea con gli altri delineatori adiacenti.

L'altezza tra il bordo inferiore dei catadiottri e la pavimentazione stradale deve essere quella figurante nei disegni, curando scrupolosamente che tali altezze restino costanti lungo la medesima tratta anche quando si passa da un tipo all'altro di delineatore.

Su tratte omogenee l'installazione dei delineatori deve essere continuativa, evitando installazioni saltuarie e usando lo stesso tipo di delineatore. Deve essere adottata la spaziatura minima prevista all'art. 173 comma 4 del suddetto Regolamento. In curva i delineatori vanno infittiti con criterio differenziale in relazione al raggio di curvatura.

Nel caso della sostituzione di delineatori in quelle autostrade ove vigono norme diverse dalle presenti, occorrerà effettuare l'installazione per tratte significative, conformi alle prescrizioni del suddetto art. 173 comma 4.

Qualora si presenti la necessità di installare delineatori su manufatti diversi da quelli di seguito elencati dovranno essere studiati i nuovi tipi di supporti e di attacchi, fermo restando i principi basilari prescritti dalle presenti norme.

L'Appaltatore dovrà presentare campioni di ogni tipo di delineatore i quali saranno esaminati dalla Direzione Lavori.

Eventuali proposte di nuove soluzioni presentate saranno prese in considerazione, esaminate e se idonee accettate; comunque, gli elementi rifrangenti devono essere fissati al supporto metallico mediante attacchi a baionetta o simili e comunque mai incollati.

Nel caso di delineatori su barriere di sicurezza tipo New Jersey, questi devono avere le seguenti caratteristiche:

- i supporti devono essere realizzati in alluminio di spessore 20/10 mm;
- i catadiottri, sia quelli di sinistra che quelli di destra, devono aver dimensioni che garantiscano una superficie minima rifrangente di 10x6 cm.

Nel caso di posizionamento su New Jersey monofilari, i delineatori devono essere installati utilizzando i fori esistenti nel manufatto, con tassello ad espansione:

- Detto tassello, sotto l'azione di una vite a brucola di 6 mm, dilatandosi deve esercitare sulla parete del foro una pressione tale da ostacolarne la fuoriuscita.

Nel caso di New Jersey bifilari e laterali, i delineatori devono essere installati mediante l'impiego di n. 2 tasselli con vite a chiodo:

- Dette viti devono essere zincate galvanicamente e passivate e devono avere una lunghezza minima di 35 mm con il foro di diametro 6 mm.

Nel caso di barriere metalliche, i delineatori devono avere le seguenti caratteristiche:

- I supporti devono essere realizzati in lamiera di ferro nello spessore rappresentato nei disegni tipo e zincato a caldo secondo quanto previsto nelle norme CEI 7.6 del luglio 1968.
- Nella realizzazione dei supporti si deve tenere conto della diversa inclinazione delle lame nei vari tipi di guard-rail esistenti sulla rete stradale da cui scaturisce una diversa angolazione dell'asta di supporto dei catadiottri rispetto all'onda stessa; questa per mantenere costante la verticalità del dispositivo.
- i catadiottri, sia quelli di sinistra che quelli di destra, devono aver dimensioni che garantiscano una superficie minima di 10x6 cm
- Devono essere posizionati sulla parte superiore del nastro con sistemi di attacco tali da non interessare in alcun modo la bulloneria necessaria per l'unione tra le barriere e quella tra le barriere e i montanti.

- Il metodo di attacco deve essere del tipo indicato negli elaborati progettuali, formato da piastra di acciaio sagomata e collegata al supporto tramite una vite a brucola del diametro di 6 mm, anche essi zincati come sopra.

Nel caso di muri di controripa, i delineatori devono avere le seguenti caratteristiche:

- I supporti devono essere realizzati in alluminio spessore 20/10 mm.
- I catadiottri devono avere una superficie riflettente di 15x10 cm.
- Per mantenere il lato maggiore del catadiottro orizzontale occorre determinare l'inclinazione del muro stesso e conseguentemente la piegatura da dare al supporto.

Nel caso di cordoli, muretti ed elementi prefabbricati di varie altezze devono essere realizzati delineatori con supporti tali da mantenere orizzontalità e altezza costante:

- Il fissaggio di detti delineatori deve esser eseguito come quello indicato per i New Jersey.

6.17.12.2 Delineatori speciali

Per delineatori speciali si intendono, secondo l'art. 174 del Regolamento di Esecuzione e Attuazione del Nuovo Codice della Strada, quei delineatori utilizzati come dispositivi permanenti tra cui:

- delineatori in galleria
- delineatori modulari di curva

I delineatori in galleria devono avere le caratteristiche previste dalle presenti norme e di seguito elencate.

I catadiottri, sia quello di destra che quelli di sinistra, devono avere le dimensioni della superficie rifrangente di 15x10 cm.

In sinistra oltre ai due catadiottri posti nel senso di marcia, il delineatore ne deve avere un terzo sul retro, con uguali caratteristiche e dimensioni, ma di colore rosso.

In destra oltre al catadiottro posto nel senso di marcia, il delineatore deve avere sul retro un altro catadiottro con uguali caratteristiche e dimensioni ma di colore bianco.

In relazione alle diverse situazioni devono essere adottate le seguenti tipologie di delineatori:

a) Gallerie con guard-rail

- i delineatori devono avere caratteristiche uguali a quelli previsti per i guard-rail a cielo aperto, ma di dimensioni maggiorate, sia nel supporto che nell'attacco e devono essere installati sulla parte superiore della lama;

b) Gallerie senza marciapiede e senza guard-rail

- i delineatori devono avere i supporti in alluminio 30/10 mm in sinistra e 25/10 mm in destra e devono essere installati sui piedritti delle gallerie mediante l'impiego di n. 3 tasselli con vite a chiodo. Dette viti devono essere uguali a quelle utilizzate per delineatori su New Jersey. Per rispettare la condizione di parallelismo bisogna sagomare opportunamente i supporti secondo l'inclinazione del piedritto stesso;

c) Gallerie con marciapiede

- i delineatori devono avere il supporto in profilato di ferro, spesso 4 mm, avente alla base una piastra in ferro saldata di 10x15 cm, spessore 3 mm, zincata a caldo con quattro fori;
- in detto supporto deve essere fissato un pannello in alluminio 30/10 mm per quelli in sinistra e 25/10 mm per quelli in destra, sui quali devono essere fissati i catadiottri necessari;
- il montaggio del delineatore al marciapiede deve essere ottenuto mediante n. 2 bulloni e prigionieri metallici ad espansione.

Va tenuto presente che, alla luce di quanto contenuto nell'art. 174 del Regolamento, in galleria la spaziatura longitudinale deve essere di 15 metri salvo il tratto di imbocco, della galleria stessa, in cui il distanziamento sarà di 8 metri, per i primi 10 elementi; per curve con raggio inferiore a 500 metri ad una distanza di 7,5 metri.

I delineatori modulari di curva sono regolamentati dall'art. 174 comma e) del Regolamento.

Devono essere impiegati nei casi in cui la percezione dello sviluppo della curva risulti poco agevole; la stessa deve essere quindi segnalata con una serie variabile di pannelli, denominati pannelli modulari di curva Fig. II 468 del Regolamento di Esecuzione e Attuazione del Nuovo Codice della Strada, delle dimensioni di 90x90 cm.

In condizioni particolari - svincoli, rampe, ecc., qualora gli spazi non siano sufficienti per l'installazione del formato normale, sarà possibile utilizzare il formato ridotto 60x60 cm.

Tali pannelli devono essere realizzati in alluminio 25/10 mm, la faccia anteriore ricoperta da pellicola nera non retro-riflettente e il disegno a punta di freccia realizzato con pellicola bianca retro-riflettente di classe 2 superiore.

I pannelli devono essere distanziati di circa 15 metri ed essere installati nello spartitraffico, o sul bordo laterale della carreggiata, lungo tutto lo sviluppo della curva tra i due punti di tangenza con i rettifili collegati alla curva stessa.

Il punto di inizio e quello di fine dei pannelli potrà essere anticipato o prolungato qualora se ne ravveda la necessità.

Infine, nelle autostrade con tracciato per clotoide e curve circolari, il punto di inizio e fine deve corrispondere con l'inizio e la fine delle clotoidi.

6.17.12.3 Penali

La Direzione Lavori ha la facoltà di prelevare, in qualunque momento, dei campioni per sottoporli alle prove tecniche previste dalle presenti Norme.

I delineatori dovranno essere tutti sostituiti, a cure e spese dell'Appaltatore, qualora i catadiottri non dovessero rispondere alle prescrizioni delle caratteristiche richieste al punto 11.1.4, riguardo ai delineatori normali di margine, a quanto indicato per i delineatori speciali, e alle installazioni su manufatti diversi.

Dovrà invece essere applicata una penale pari al 5% dell'importo totale relativo alla fornitura se i catadiottri dovessero presentare alterazioni dopo la prova indicata al punto 3 del suddetto articolo mentre, dovranno essere sostituiti tutti quei catadiottri che dovessero presentare opacità per effetto della scarsa tenuta stagna.

Dovranno essere sostituiti a totale cura e spese dell'Appaltatore tutti i paletti che non dovessero rispondere alle caratteristiche indicate dall'art. 35.3.1.2 delle presenti Norme.

Per i supporti dei delineatori realizzati in acciaio zincato, dovranno essere applicate le penali indicate nell'art. 35.2.8.

6.18 SEGNALETICA ORIZZONTALE

6.18.1 Premessa

La segnaletica orizzontale da utilizzare come guida ottica presente sul tracciato stradale ed impiegante materiali con formulazioni e tipologie applicative diverse, deve rispondere a precise richieste comportamentali e prestazionali in funzione del suo posizionamento. La classificazione per livelli applicativi indirizza all'uso preciso di materiali da utilizzare per segnaletica orizzontale le cui proprietà rispondono a differenti standard di sicurezza.

Pertanto l'impiego di un materiale viene individuato in base a determinate condizioni: nebbia, pioggia, neve, galleria, andamento plano-altimetrico del tracciato presenti nella zona in cui si deve operare.

L'Appaltatore, prima e durante i lavori, deve essere in grado di operare conoscendo i supporti su cui intervenire, i materiali da utilizzare e i macchinari con cui effettuare la messa in opera secondo quanto riportato nella Norma UNI 11154.

Qualsiasi tipo di segnaletica orizzontale da realizzare deve essere conforme a quanto stabilito dal nuovo Codice della Strada (Dlgs 285 del 30/04/1992 e s.m.i.), dal suo Regolamento d'esecuzione e d'attuazione (D.P.R. n° 495 del 16/12/92 e s.m.i.), dagli elaborati di Progetto e dal presente Capitolato Speciale di Appalto.

Le caratteristiche dei materiali devono essere comunque verificate tutte le volte che il Committente lo riterrà necessario ed in qualsiasi fase della fornitura e/o esecuzione dei lavori.

6.18.2 Classificazione dei materiali per segnaletica orizzontale

I materiali da utilizzare per la segnaletica orizzontale sono classificati nel seguente modo:

a) Vernici:

Possono essere di due tipologie:

- 1) idropitture con microsfere di vetro postspruzzate;
La idropittura è un prodotto verniciante liquido costituito da una miscela di resina e plastificanti, pigmenti e materiali riempitivi il tutto contenuto in una sospensione a base d'acqua.
- 2) pitture a freddo con microsfere di vetro postspruzzate;
La pittura a freddo è un prodotto verniciante liquido costituito da una miscela di resine e plastificanti, da pigmenti e materiali riempitivi; il tutto disperso in diluenti e solventi idonei.

b) Termoplastico con microsfere di vetro premiscelate e postspruzzate:

il materiale termoplastico deve essere costituito da una miscela di resine idrocarburiche sintetiche plastificate con olio minerale, da pigmenti e aggregati, da microsfere di vetro, premiscelate e postspruzzate, da applicare a spruzzo e/o per estrusione a caldo.

c) Laminati elastoplastici (nastro stradale elastoplastico preformato)

6.18.3 Caratteristiche dei materiali

Vengono di seguito definiti i requisiti, in base a quanto previsto dalla normativa UNI EN 1436, ai quali tutti i prodotti impiegati nei servizi di segnaletica orizzontale, devono ottemperare per tutta la loro vita funzionale.

Si definisce vita utile/funzionale un periodo di anni 2 dopo la posa con l'uso di vernici a solvente e di anni 1 con vernici ad acqua.

L'Appaltatore prima dell'espletamento della prestazione deve presentare la Dichiarazione di prestazione sui materiali impiegati.

Valori prestazionali minori a quelli richiesti sono da considerare insufficienti a garantire il mantenimento degli standard di sicurezza previsti.

È facoltà del Direttore dei Lavori al fine di verificare i parametri prestazionali del materiale da porre in opera, richiedere all'Appaltatore e/o eseguire per proprio conto dei provini della segnaletica.

Questi provini sono costituiti da lamierini metallici, delle dimensioni di cm 30 x 100, sui quali sarà posto in opera il materiale destinato alla segnaletica orizzontale. Saranno eseguiti rilievi della visibilità notturna (valori RL), di derapaggio (SRT) e del colore.

Gli standard prestazionali richiesti sono:

- Colore;
- Retroriflessione (Visibilità notturna);
- Resistenza allo slittamento SRT Skid Resistance Tester (resistenza al derapaggio);
- Tempo di essiccazione.

Le microsfere di vetro impiegate per la postspruzzatura devono essere marcate CE in conformità alla norma UNI EN1423.

1) Colore

Il colore della vernice dovrà essere bianco o giallo, secondo le indicazioni degli elaborati progettuali o le indicazioni della Direzione Lavori.

Il colore dei prodotti di segnaletica orizzontale è la sensazione cromatica percepita dall'osservatore; viene definito mediante le coordinate di cromaticità riferite al diagramma colorimetrico standard CIE (ISO/CIE 10526 – 1991).

I colori dei prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c devono rientrare, per tutta la loro vita funzionale, all'interno delle zone determinate dalle coordinate cromatiche, rilevate secondo le metodologie di cui ai successivi articoli e riportate nella tabella seguente:

Colore		Vertici (*)			
		1	2	3	4
Bianco (materiali tipo a,b,c)	x	0.355	0.305	0.285	0.335
	y	0.355	0.305	0.325	0.375
Giallo (classe Y1) (materiali tipo a,b,c)	x	0.443	0.545	0.465	0.389
	y	0.399	0.455	0.535	0.431
Giallo (classe Y2) (materiali tipo a,b,c)	x	0.494	0.545	0.465	0.427
	y	0.427	0.455	0.535	0.483
Geometria di lettura: 45°/0°, illuminazione a (45°±5°) e misura a (0°±1°)					
Nota: per il giallo la classe Y1 si riferisce alla segnaletica permanente e la classe Y2 si riferisce alla segnaletica provvisoria di cantiere					
(*) valori definiti secondo il diagramma colorimetrico standard CIE (ISO/CIE 10526 – 1991)					

2) Retroriflessione: visibilità notturna in condizioni di asciutto

La retroriflessione della segnaletica orizzontale è determinata dall'illuminazione artificiale della segnaletica stessa e viene definita dal valore del coefficiente di luminosità retro riflessa RL.

Il valore minimo del coefficiente di luminosità retroriflessa (RL) in condizioni di superficie stradale asciutta, rilevato secondo la metodologia di cui ai successivi articoli, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c al momento della posa:

Tipo di materiale e colore		Valore minimo R_L (mcd·m ⁻² ·lux ⁻¹)
a, b, c	Bianco	150
a, b, c (classe Y1)	Giallo	150
a, b, c (classe Y2)	Giallo	150
Nota: per il giallo la classe Y2 è intesa per segnaletica provvisoria di cantiere		

Il valore minimo del coefficiente di luminosità retroriflessa (RL) in condizioni di superficie stradale asciutta, rilevato secondo la metodologia di cui ai successivi articoli, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c per tutta la loro vita funzionale di:

Tipo di materiale e colore		Valore minimo R_L (mcd·m ⁻² ·lux ⁻¹)
a, b, c	Bianco	110
a, b, c (classe Y1)	Giallo	110
a, b, c (classe Y2)	Giallo	110
Nota: per il giallo la classe Y2 è intesa per segnaletica provvisoria di cantiere		

3) Resistenza allo slittamento SRT Skid Resistance Tester (resistenza al derapaggio);

La segnaletica orizzontale deve possedere nelle sue caratteristiche una resistenza al derapaggio creato dalla interazione tra il pneumatico ed il prodotto segnaletico in condizioni sfavorevoli.

Il valore minimo, rilevato secondo le metodologie di cui ai successivi articoli, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c e per tutta la loro vita funzionale di:

Classe	Valore SRT minimo
S1	SRT ≥ 45
Nota: SRT (British portable Skid Resistance Tester).	

4) Tempo di essiccazione

Il tempo di essiccazione rilevato secondo le metodologie di cui al successivo articolo, deve rientrare nei tempi di seguito indicati.

Vernici:

La vernice applicata sulla superficie stradale (manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio), alla temperatura dell'aria compresa tra +10°C e + 40°C ed umidità relativa non superiore al 70%, deve asciugarsi entro 15 minuti dall'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo la pittura non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Le idropitture devono essere impiegate con una temperatura dell'aria superiore a 10° e con un'umidità relativa inferiore all' 80%.

Termoplastico

La vernice applicata sulla superficie autostradale (manto in conglomerato bituminoso, manto in conglomerato bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio), alla temperatura dell'aria compresa tra +10°C e + 40°C e umidità relativa non superiore al 70%, deve solidificarsi entro 30 secondi per lo spruzzato ed entro 180+240 secondi per l'estruso dell'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo la pittura non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

In presenza di superfici umide e/o con umidità relativa superiore al 70%, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, l'applicazione della segnaletica deve essere preceduta da una fase d'asciugatura della pavimentazione (termoriscaldamento) al fine di garantire una perfetta adesione del prodotto.

Laminati elastoplastici

La completa essiccazione del primer, al fine di facilitare l'adesione del prodotto alla pavimentazione, deve avvenire entro 15 minuti dall'applicazione.

Dopo la rullatura i laminati devono essere immediatamente transitabili.

6.18.3.1 Tolleranze

Le tolleranze ammesse sono le seguenti:

- **Colore:** Non sono ammessi valori al di fuori delle zone colorimetriche prescritte nel presente articolo;
- **Retroriflessione:** Non sono ammessi valori inferiori a quanto previsto nel presente articolo;
- **Resistenza al derapaggio:** Non sono ammessi valori inferiori a quanto previsto nel presente articolo;
- **Tempo d'essiccazione:** Sono previste le seguenti tolleranze:
 - Vernici: la tolleranza ammessa rispetto a quanto previsto nel precedente paragrafo è di + 5 minuti;
 - Termoplastico: la tolleranza ammessa rispetto a quanto previsto nel precedente paragrafo è di + 10 secondi per lo spruzzato e di + 60 secondi per l'estruso;
 - Laminati elastoplastici: la tolleranza ammessa rispetto a quanto previsto nel precedente paragrafo è di + 5 minuti.

6.18.3.2 Laminati elastoplastici (prefabbricati conformabili)

La striscia laminata deve essere costituita da laminati elastoplastici, autoadesivi costituiti da polimeri d'alta qualità, contenenti microgranuli di materiale speciale ad alto potere antisdrucchiolo, di pigmenti stabili nel tempo e con microsfeere di vetro o di ceramica con ottime caratteristiche di rifrazione ed ad elevata resistenza all'usura. Devono essere inoltre impermeabili, idrorepellenti, antiderapanti, resistenti alle soluzioni saline, alle escursioni termiche, all'abrasione e non devono scolorire al sole. I laminati devono essere facilmente applicabili su qualunque tipo di superficie: manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio. La scelta del laminato, tipo C2 o C3, incassato su pavimentazione nuova o applicato su pavimentazioni esistenti, deve essere effettuata in base alla vita funzionale prevista del manto bituminoso. Potranno essere posti in opera mediante i procedimenti seguenti:

- incassandoli in pavimentazioni nuove ad addensamento non ancora completamente ultimato e con temperatura compresa tra i 50° e i 70°.
- potrà essere effettuato, se ordinato dalla Direzione Lavori, anche su pavimentazioni realizzate già da tempo, riscaldando la superficie d'incasso con idonea attrezzatura munita di lampade a raggi infrarossi in grado di riscaldare il supporto alle temperature sopra indicate.
- su pavimentazioni esistenti, preventivamente pulite, utilizzando del primer per facilitarne l'adesione. Prima di applicare il laminato il primer deve essere completamente essiccato. Dopo l'applicazione deve essere pressato con l'impiego di un rullo costipatore, a ruote metalliche, d'adeguato peso e dimensioni accettato dalla Direzione Lavori.

L'incasso per i primi due modi deve essere realizzato con l'impiego di un rullo costipatore, a ruote metalliche, d'adeguato peso e dimensioni accettato dalla Direzione Lavori.

L'applicazione dei laminati deve avvenire con l'impiego d'idonea attrezzatura, approvata dalla Direzione Lavori, automatica e semovente dotata di puntatore regolabile, rulli di trascinamento del laminato e lame da taglio comandate automaticamente.

Le frecce, le lettere e le zebraure saranno posate manualmente e successivamente sottoposte a rullatura.

6.18.3.3 Vita funzionale minima

I prodotti vernicianti impiegati dovranno garantire una vita funzionale minima, mantenendo i valori richiesti sopradetti per ogni caratteristica richiesta (colore, visibilità notturna, resistenza al derapaggio), riportata nella tabella sottostante:

Tipo di materiale	vita funzionale minima
a) Vernici	12 mesi per vernici ad acqua 2 anni per vernici a solvente
b) Termoplastico	12 mesi
c) Laminati elastoplastici	6 anni

Durante tutto il periodo di vita funzionale l'Appaltatore provvederà, a sua cura e spese a tutti i ripristini e rifacimenti che si rendono necessari a causa della carenza anche di una sola delle caratteristiche richieste.

6.18.4 Controlli standard prestazionali dei materiali

I controlli previsti degli standard prestazionali dei materiali, devono essere effettuati al fine di verificare il mantenimento dei valori richiesti per tutta la vita funzionale.

Tali verifiche saranno effettuate tutte le volte che la Committente lo riterrà opportuno.

Queste devono avvenire in contraddittorio con l'Appaltatore, qualora questo non si presenti, l'avvenuto prelievo o verifica sarà comunicata dal Direttore dei Lavori all'Appaltatore stesso successivamente con espressa scrittura che indichi i termini di riferimento del luogo in cui è stata effettuata la prova.

Saranno eseguiti rilievi della retroriflessione (valori RL), di derapaggio (SRT) e del colore.

La segnaletica orizzontale, a partire dalla posa in opera, deve essere efficiente, per tutto il periodo della sua vita funzionale, sia in termini di visibilità notturna, sia di antiscivolosità, ecc..

Le prove a cui saranno sottoposti i prodotti saranno eseguite in cantiere con strumentazioni portatili in sito ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori e riguarderanno:

- colore
- retroriflessione
- resistenza al derapaggio

Colore

I controlli delle coordinate cromatiche verranno eseguiti, come previsto dall'allegato C della UNI EN1436, con uno strumento dotato di una sorgente luminosa avente una distribuzione spettrale del tipo D65, come definito dalla norma ISO/CIE 10526.

La configurazione geometrica di misura da impiegare deve essere la 45/0, con un angolo di illuminazione di $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ e un angolo di osservazione di $0^{\circ} \pm 10^{\circ}$.

Gli angoli si intendono misurati rispetto alla normale alla superficie della segnaletica.

La superficie minima misurata deve essere di 5 cm².

Per delle superfici molto rugose, la superficie di misurazione deve essere superiore a 5 cm², ad esempio 25 cm².

Il valore delle coordinate tricromatiche deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e più precisamente:

- linee longitudinali: deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo; in ogni sondaggio devono essere effettuate minimo tre letture dei valori delle coordinate cromatiche.
- simboli: per ogni simbolo, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di cinque letture, in punti diversi.
- lettere: per ogni lettera, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di tre letture, in punti diversi.
- linee trasversali: per ogni striscia trasversale, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di cinque letture, in punti diversi.

Retroriflessione

I controlli dei valori di retroriflessione verranno eseguiti con apparecchi che utilizzino la geometria stabilita dalla UNI EN1436 allegato B, con le seguenti principali caratteristiche:

- illuminante A analoga a quella definita dalla ISO/CIE 10526;
- superficie minima di misurazione 50 cm²;
- angolo di osservazione $\alpha = 2.29^{\circ}$
- angolo di illuminazione $\varepsilon = 1.24^{\circ}$

Le condizioni di misurazione normalizzata sono concepite per simulare una distanza visiva di 30 m, per il conducente di un veicolo adibito a trasporto passeggeri, con l'altezza dell'occhio di 1,2 m e proiettori montati ad altezza di 0,65 m sopra la superficie stradale.

Il valore di retroriflessione deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e delle condizioni della superficie stradale come previsto nella UNI EN 1436 allegato B e più precisamente:

- linee longitudinali: deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapportini giornalieri e/o ordinativi di lavoro). In ogni sondaggio devono essere effettuate un minimo di cinque letture dei valori di retroriflessione. Il valore di ciascun sondaggio sarà dato dalla media delle letture in cinque punti diversi;
- simboli: per ogni simbolo il valore di retroriflessione sarà dato dalla media delle letture in cinque punti diversi;
- lettere: per ogni lettera il valore di retroriflessione sarà dato dalla media delle letture in tre punti diversi;
- strisce trasversali: per ogni striscia trasversale il valore di retroriflessione sarà dato dalla media delle letture in cinque punti diversi.

Resistenza al derapaggio

I controlli dei valori di resistenza al derapaggio verranno eseguiti con l'apparecchio "Skid Resistance Tester ", come previsto nella UNI EN 1436 allegato D, consistente in un pendolo oscillante accoppiato ad un cursore di gomma nella sua estremità libera. Lo strumento in oggetto rileva la perdita di energia del pendolo, causata dalla frizione del cursore in gomma su una data area del segnale orizzontale, con risultato espresso in unità SRT.

Il valore della resistenza al derapaggio deve essere determinato con tre sondaggi per ogni tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapportini giornalieri e/o ordinativi di servizio).

Il valore di resistenza al derapaggio sarà dato dalla media di cinque letture eseguite in ogni singolo punto scelto, nel tratto riferito ai rapportini giornalieri, se i valori rilevati non differiscono di più di tre unità; altrimenti devono essere effettuate misure successive finché si otterranno cinque valori che non differiscono di più di tre unità.

6.18.5 Esecuzione dei lavori

La posa del materiale dipende dal tipo di prodotto da applicare al quale è associato una specifica attrezzatura. Per il controllo qualità dell'applicazione dei prodotti si deve fare riferimento alla UNI 11154.

Le superfici interessate dalla segnaletica orizzontale devono essere accuratamente pulite in modo da essere liberate da ogni impurità in grado di nuocere all'adesione dei materiali impiegati. E' vietata l'eliminazione di tracce di olio o grasso a mezzo di solventi.

L'applicazione dei materiali deve avvenire su superfici asciutte e deve essere effettuata, con mezzi meccanici idonei cercando inoltre di ridurre al minimo l'ingombro della carreggiata e quindi le limitazioni da imporre alla circolazione.

La posa in opera dei materiali per segnaletica orizzontale deve essere eseguita secondo i tracciati, le figure e le scritte preesistenti o stabiliti negli elaborati progettuali.

Comunque l'Appaltatore è tenuto a propria cura e spese, ad effettuare la rimozione ed il rifacimento della segnaletica giudicata non regolarmente eseguita anche per quanto concerne la sua geometria (dimensioni, intervalli, allineamenti ecc.) su ordine della DL.

I materiali dovranno avere un potere coprente uniforme e tale da non far trasparire, in nessun caso, il colore della sottostante pavimentazione.

L'impresa è tenuta a sospendere la prestazione in caso di pioggia o umidità eccessiva del supporto (manto bituminoso) senza che nulla possa essere richiesto dall'Impresa stessa come danni per anomalo svolgimento dei lavori, in quanto il tempo contrattuale è definito tenendo conto di una ragionevole percentuale di tempo climatico ed umidità del supporto sfavorevole.

Le strisce in genere, così come tutta la segnaletica orizzontale, potranno essere di ripasso o di primo impianto; l'Impresa, ovunque sia necessario, effettuerà il preventivo tracciamento secondo le dimensioni che saranno precisate dalla Direzione lavori; tale tracciamento dovrà essere eseguito con attrezzature idonee e personale qualificato in modo da ottenere un risultato di stesa geometricamente a perfetta regola d'arte. La cancellatura della segnaletica orizzontale, sia gratuita perché ad onere dell'Impresa, che a pagamento, dovrà essere eseguita con sistemi approvati dalla Direzione Lavori; l'Impresa avrà l'onere, senza ulteriori compensi, della pulizia delle superfici trattate. Successivamente, nel caso si verificassero affioramenti delle strisce cancellate, l'Impresa sarà tenuta, a suo completo onere e carico, e ciò per tutto il periodo di garanzia previsto, ad eseguire gli opportuni interventi di ricancellatura.

L'Appaltatore dovrà predisporre dei rapportini giornalieri, dove dovrà riportare la tipologia e quantità del servizio eseguito, il personale ed i mezzi impiegati, lo stato del tempo e le osservazioni che riterrà opportuno sullo svolgimento del lavoro; tali rapportini dovranno essere compilati anche in caso di sospensione del servizio per maltempo, incidenti o altro.

I rapportini dovranno essere inviati giornalmente alla Direzione lavori; solamente su deroga del Direttore dei Lavori saranno accettati riepiloghi settimanali da inviare al termine della prestazione settimanale svolta.

6.18.5.1 Dimensioni geometriche

Le dimensioni geometriche degli elementi della segnaletica orizzontale dovranno essere quelli indicati negli elaborati di progetto o indicati dalla Direzione Lavori, nel rispetto delle disposizioni del Regolamento d'esecuzione e d'attuazione d'esecuzione e d'attuazione dal nuovo Codice della Strada (D.P.R. n° 495 del 16/12/92 e s.m.i.), e più precisamente:

- disposizioni generali sui segnali orizzontali: art. 137;
- strisce longitudinali: art. 138;
- strisce di separazione dei sensi di marcia: art. 139;
- strisce di corsia: art. 140;
- strisce di margine della carreggiata: art. 141;
- strisce di raccordo: art. 142;
- strisce di guida sulle intersezioni: art. 143;
- strisce trasversali: art. 144;
- attraversamenti pedonali: art. 145;
- attraversamenti ciclabili: art. 146;
- frecce direzionali: art. 147;
- iscrizioni e simboli: art. 148;
- strisce di delimitazione degli stalli di sosta o per la sosta riservata: art. 149;
- presegnalamento di isole di traffico o di ostacoli entro la carreggiata: art. 150;
- strisce di delimitazione della fermata dei veicoli in servizio di trasporto pubblico collettivo di linea: art. 151;
- altri segnali orizzontali: art. 152;

6.18.6 Penali

Qualora i risultati dei controlli, ottenuti dalle prove predisposte, non fossero rispondenti a quanto prescritto dal presente Capitolato Speciale, dovranno essere applicati i seguenti provvedimenti:

- a) dichiarazione di prestazione: i materiali con valori di prestazione non conformi a quanto richiesto nel presente Capitolato Speciale, non potranno essere accettati;
- b) utilizzo di prodotti non accettati: la fornitura e l'impiego di prodotti non accettati dalla Committente comporterà il non pagamento della fornitura e dei lavori eseguiti. Qualora ordinato dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore dovrà provvedere a proprie spese alla cancellazione della segnaletica realizzata con materiale non accettato;
- c) vita utile della segnaletica orizzontale: durante il periodo della vita utile della segnaletica orizzontale, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sua cura e spese, a tutti i ripristini e rifacimenti che si dovessero rendere necessari a causa della carenza, anche di una sola, delle caratteristiche prestazionali richieste, indicate nel presente Capitolato Speciale;
- d) colore, retroriflessione, resistenza al derapaggio: qualora si registrino scarti sui valori indicati nelle tabelle precedenti entro il $\pm 10\%$ verrà applicata una penale pari al 20% dell'importo della prestazione, fatto salvo l'accettazione della Direzione Lavori. Qualora si registrino scarti sui valori indicati nelle tabelle precedenti oltre il $\pm 10\%$, l'Appaltatore è tenuto a propria cura e spese a effettuare la rimozione e il rifacimento della segnaletica giudicata non regolarmente eseguita;
- e) errata geometria per dimensioni e intervalli: qualora si registrino scarti sui valori delle dimensioni geometriche di cui al precedente paragrafo entro il $\pm 3\%$ verrà applicata una penale pari al 20% dell'importo della prestazione, fatto salvo l'accettazione della Direzione Lavori. Qualora si registrino scarti sui valori delle dimensioni geometriche di cui al precedente paragrafo oltre il $\pm 3\%$, l'Appaltatore è tenuto a propria cura e spese a effettuare la rimozione e il rifacimento della segnaletica giudicata non regolarmente eseguita;
- f) errata geometria per allineamenti, scritte e simboli: qualora si registrino una non corretta esecuzione della segnaletica orizzontale, in merito ad allineamenti e posizione, scritte e simboli errati o colore, l'Appaltatore è tenuto a propria cura e spese a effettuare la rimozione e il rifacimento della segnaletica giudicata non regolarmente eseguita.

6.19 IMPERMEABILIZZAZIONE DI OPERE D'ARTE

6.19.1 Norme Generali

Tutti i materiali per impermeabilizzazione dovranno rispondere ai requisiti prescritti dalle rispettive Norme di accettazione.

Particolare cura dovrà essere posta nella preparazione delle superfici da impermeabilizzare; eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici.

Dovranno avere adeguate pendenze per un regolare sgrondo delle acque e presentarsi sane, regolari, perfettamente pulite, assenti da oli, grassi, polveri e prive di residui di boiaccia o di malta cementizia, di prodotti disarmanti, di preesistenti impermeabilizzazioni. Le superfici dovranno essere asciutte e stagionate per almeno venti giorni per assicurare una buona adesione del manto impermeabilizzante. A questo fine la superficie dovrà essere sabbiata e/o bocciardata, anche quando siano stati eseguiti precedenti interventi di ripristino con l'impiego di betoncini o calcestruzzi reoplastici a ritiro compensato.

A questi interventi preparatori dovrà seguire un'accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idrolavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

L'esecuzione delle impermeabilizzazioni dovrà essere eseguita con la massima accuratezza, specialmente in prossimità di fori, passaggi, canne ecc.; il convogliamento delle acque meteoriche ai pluviali sarà assicurato mediante idonei pezzi speciali fissati a livello della soletta in calcestruzzo mediante l'impiego di stucchi epossidici al manto impermeabile e muniti di griglia parafoglie. L'impermeabilizzazione dovrà interessare anche le zone dei bocchettoni di scarico delle acque superficiali, ricoprendoli nell'area dei risvolti; non si dovranno in nessun modo danneggiare le attrezzature di smaltimento preesistenti e/o ricostruite.

Le riprese di lavoro dovranno essere ridotte al minimo, salvo le esigenze particolari; in ogni caso dovrà essere assicurata una perfetta adesione tra vecchia e nuova membrana.

Il manto dovrà essere transitabile, senza distacchi e perforazioni, dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato).

Dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 1 MPa in permeametro, a 333 K per 5 h, anche nelle zone di giunto.

Le strutture sovrastanti gli strati impermeabili dovranno essere eseguite dopo il perfetto consolidamento degli strati stessi.

Eventuali perdite che si manifestassero sino a collaudo eseguito, dovranno essere sanate ed eliminate dall'Appaltatore a suo totale carico, compreso ogni lavoro di ripristino delle eventuali sovrastrutture.

L'Appaltatore dovrà sottoporre preliminarmente alla Direzione Lavori i campioni dei materiali che intende adottare per essere sottoposti alle prove di idoneità che potranno essere eventualmente richieste dalla Direzione Lavori.

Potranno essere prelevati anche tasselli già posti in opera su cui effettuare le prove di laboratorio su zone scelte a caso.

Qualora dalle prove di cui sopra non risultassero le caratteristiche richieste, i materiali saranno rifiutati e l'Appaltatore dovrà allontanarli a sua cura e spese.

6.19.2 Manto con membrana elastica continua in materiale epossipoliuretanico

6.19.2.1 Primer di adesione

Il primer di adesione dovrà essere costituito da base epossidica ed induritore poliamminoalifatico con solventi, per un residuo secco non inferiore al 60% in peso.

6.19.2.2 Membrana impermeabilizzante sintetica elastica continua spruzzata in opera

La membrana impermeabilizzante elastica continua dovrà essere costituita da un copolimero epossipoliuretanico con presenza attiva di un terzo polimero elastomerico. Il prodotto deve polimerizzare entro le 24 h dal termine della stesa alle condizioni di temperatura $T > 293\text{ K}$ ed UR

65% \pm 5%. Il materiale applicato dovrà, a polimerizzazione avvenuta, avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche salvo diversa prescrizione progettuale:

- Densità relativa (riferita al prodotto A+B polimerizzato): $1,15 \pm 0,05 \text{ kg/dm}^3$
- Durezza superficiale: $90 \pm 5 \text{ Shore "A"}$
- Resistenza a sollecitazione per trazione: minimo 6 MPa (UNI EN 12311)
- Allungamento percentuale a trazione: minimo 80% (UNI EN 12311)
- Elasticità: massimo 15% (verificata come deformazione residua a trazione) (UNI EN 12311)
- Resistenza alle basse temperature: integrità per avvolgimento su mandrino cilindrico fino a $T = 253 \text{ K}$ (UNI EN 495-5 e UNI EN 1109)
- Adesione al supporto cementizio: minimo 3 MPa e per valori inferiori purché risulti una rottura coesiva del supporto (riferito alla superficie di prova) almeno pari al 60% della superficie (ASTM 2197-68).

6.19.2.3 Mano d'attacco per collegamento della membrana con la pavimentazione

La mano d'attacco tra membrana e pavimentazione dovrà essere costituita da un bitume modificato con polimeri SBS-R da spruzzare a caldo ($T > 453 \text{ K}$) in ragione di circa $0,8 \text{ kg/m}^2$ e le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso) salvo diverse disposizioni progettuali.

6.19.2.4 Modalità di applicazione

Si provvederà, al fine di garantire una perfetta adesione tra membrana e supporto, alla stesa del "primer" applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura, in quantità comprese tra $0,20$ e $0,25 \text{ kg/m}^2$.

Tale stesa si dovrà stendere a tutta la superficie interna dei cordoli ed anche sulla superficie orizzontale degli stessi, qualora essi non siano già stati protetti con guaine bituminose per effettuare il montaggio dei parapetti prima dell'impermeabilizzazione dell'impalcato.

Sulla superficie così pretrattata si dovrà procedere all'applicazione della membrana epossipoliuretanica elastomerica mediante idonee apparecchiature automontate ed automatiche che garantiscano, oltre che potenzialità di lavoro adeguata, il controllo dei quantitativi di stesa.

L'impermeabilizzazione deve essere continua ed omogenea su tutta la superficie superiore dell'impalcato, compresi i cordoli nella parte verticale interna, nella superficie orizzontale e con piccolo risvolto (3-5 cm) sul paramento verticale esterno.

Anche eventuali canalette per cavi devono essere integralmente rivestite come le superfici esposte dei cordoli.

La realizzazione della membrana dovrà essere fatta mediante l'applicazione di un quantitativo di prodotto medio di $3,4\text{-}3,6 \text{ kg/m}^2$ (spessore secco $3,0 \text{ mm}$) tale da garantire un'elevata protezione all'azione delle acque meteoriche e degli agenti aggressivi in soluzione (sali fondenti antigelo).

La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

La posa in opera dell'intero ciclo impermeabilizzante non sarà effettuata quando, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche saranno tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque quando la temperatura esterna sia inferiore a 283 K .

Non prima di 12 h dal termine della stesa della membrana impermeabile, nel caso di temperature $> 293 \text{ K}$, dovrà seguire l'accurata ed uniforme applicazione della mano di attacco e di collegamento alla pavimentazione nella quantità di $0,8 \text{ kg/m}^2$.

Detto materiale dovrà essere spruzzato anche sulla parte verticale interna dei cordoli che sarà coperta dalla pavimentazione.

6.19.3 Manto con cappa di mastice di asfalto

6.19.3.1 Materiali

L'impermeabilizzazione degli impalcati delle opere d'arte sarà realizzata mediante applicazione per colata di cappe di mastice di asfalto colato di spessore finito non inferiore a 10 mm . Il mastice d'asfalto dovrà avere la seguente composizione:

– Legante: previo idoneo primer compatibile con il legante utilizzato, dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40-50 e Trinidad Epuree in rapporto di 5 a 2 in peso. In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali, quali il Selenitza o gomme termoplastiche, del tipo E le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme (pavimentazioni in conglomerato bituminoso). I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione. Il legante sarà dosato in ragione del 15-19% in peso sulla miscela degli inerti (corrispondenti al 13-16% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel Filler asphaltico. Il bitume 40-50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra -0,1 e +0,1 calcolato secondo la formula:

$$IP = \frac{20u - 500v}{u + 50v}$$

dove:

v = log 800 - log penetrazione a 298 K

u = temperatura di P.e.A in K detratti 298 K

– Filler: dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 mm UNI (ASTM n. 80) e per il 90% al setaccio 0,075 mm UNI. (ASTM n. 200, granulometria da effettuare per via umida) contenuto per il 30÷35% in peso sulla miscela degli aggregati. Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela bitume 40-50/filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, abbia un punto di rammollimento P.A. almeno 15 K superiore a quello del bitume puro;

– Sabbia: dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 mm UNI, pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0,075 a 2,5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso passante al setaccio 0,075 mm UNI), contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela di inerti;

– Miscela finale: la parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (v) compresa tra il 18 ed il 23%.

Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre un'eccedenza compresa tra il 5 ed il 7% ($V_b - V = 5-7$ in cui V_b è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale).

Il mastice completo confezionato nel rispetto delle Norme sopra esposte dovrà avere nelle prove di laboratorio un punto di rammollimento alla prova Wilhelmi (Norma DIN 1966) compreso tra 373 e 388 K. Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa potrà presentare valori compresi tra 373 e 403 K.

L'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori, per la necessaria approvazione, la composizione prevista per il mastice e la curva granulometrica delle sabbie nonché campioni del prodotto finito e dei materiali componenti compresi i primer, in modo che su di essi possano essere eventualmente effettuate preventivamente tutte le prove previste nelle presenti Norme.

La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

Nelle lavorazioni si dovranno riscontrare gli stessi materiali e le stesse composizioni di cui ai campioni di prova, con le sole variazioni prevedibili con l'uso di un adeguato processo di produzione su scala reale e comunque rientranti in tutti i limiti espressi in precedenza.

La miscela posta in opera dovrà essere costituita da uno strato continuo ed uniforme su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e max di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

6.19.3.2 Modalità di preparazione del mastice di asfalto colato

La confezione del mastice di asfalto colato sarà eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Direzione Lavori, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire.

Tassativamente si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie debba essere fatto a peso.

Per ottenere degli impasti perfettamente omogenei, potrà essere seguita una delle seguenti procedure, a seconda del tipo di impianto a disposizione.

1^ procedura

- a) Premiscelazione degli inerti, compreso il filler, a temperatura di 483÷503 K.
- b) Aggiunta del bitume nella corretta percentuale preventivamente portato alla temperatura di 423÷433 K.
- c) Mescolazione dell'impasto per almeno 5 min.
- d) Scarico dell'impasto in un'apposita caldaia (cooker) coibentata, munita di sistema di riscaldamento e di apposito agitatore.
- e) Mescolazione dell'impasto nella caldaia, per un tempo non inferiore a 30 min, alla temperatura di 473÷483 K, al fine di ottenere un'intima miscelazione del bitume con il filler.

2^ procedura

- a) Introduzione nella caldaia del filler e del bitume, dosati separatamente a peso e miscelazione alla temperatura di 473 K, per almeno 30 min, fino ad ottenere un'intima miscelazione del bitume con il filler.
- b) Aggiunta delle sabbie preventivamente asciugate e riscaldate e mescolamento a temperatura di 473÷483 K, fino ad ottenere un impasto perfettamente omogeneo ed uniforme.

La procedura da adottare sarà scelta subordinatamente alla preventiva autorizzazione della Direzione Lavori; in ambedue i metodi di confezionamento occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.

Qualora la confezione non sia fatta sul luogo della stesa, il trasporto del mastice sarà effettuato con caldaie mobili (bonze), munite anche esse di agitatore meccanico ed apposito impianto di riscaldamento.

6.19.3.3 Modalità di applicazione

Le superfici di calcestruzzo da impermeabilizzare dovranno essere stagionate e presentarsi sane ed asciutte, esenti da oli, grassi, polveri e prive di residui di boiaccia o di malta cementizia; prima dell'applicazione del mastice si dovrà procedere ad un'accurata pulizia dell'impalcato, mediante bocciardatura eseguita con idonea macchina avente potenza non inferiore ad 80 CV, spazzolatura e successiva energica soffiatura con aria compressa.

Eventuali punti singolari dovranno essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici. Seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito, a giudizio della Direzione Lavori, da emulsione bituminosa al 50÷55% o da soluzione di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P.e A. 358÷363 K), in opportuni solventi selettivi di miscele di butadieni, in modo da consentire un aumento del potere adesivo rispetto ai normali bitumi ed un ritardo dell'evaporazione del solvente, ciò al fine di avere una buona facilità di stesa del primer stesso ed un'elevata penetrazione nella soletta.

Le quantità da stendere saranno di 0,5-0,7 kg/m² salvo diverse prescrizioni progettuali.

Sul primer sarà posto in opera, dopo evaporazione dell'acqua o del solvente, il mastice di asfalto, mediante colamento del materiale a temperatura di 473 K (\pm 24 K); la sua distribuzione ed il livellamento saranno eseguiti con fratazzi di legno.

La sua adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici particolarmente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della Direzione Lavori. La posa in opera del mastice non sarà effettuata quando, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni meteorologiche siano tali da non garantire la perfetta riuscita del lavoro e comunque, quando la temperatura esterna sia inferiore a 283 K.

Il mastice d'asfalto deve essere steso, per quanto possibile, con uno spessore costante, per cui tutte le irregolarità della soletta dovranno essere portate a livello, affinché le stesse non si ripercuotano sulla cappa.

In seguito, dopo il completamento dell'impermeabilizzazione, a discrezione della Direzione Lavori, si dovrà procedere ad una risagomatura della soletta mediante stesa di un sottile strato di conglomerato bituminoso realizzato con inerti calcarei di granulometria appropriata; successivamente si procederà con la stesa della pavimentazione definitiva.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la Direzione Lavori prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso.

In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato di conglomerato bituminoso, all'atto della stesa non sia inferiore a 413 K in modo da ottenere la sigillatura di eventuali fori presenti nello strato di mastice d'asfalto.

Sulla parete interna dei cordoli dovrà essere applicata a caldo, previa mano di primer di ancoraggio, una guaina bituminosa preformata dello spessore di 4÷5 mm, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso non inferiore a 300 g/m².

La guaina dovrà essere risvoltata per almeno 25 cm rispettivamente sulla cappa di mastice di asfalto e sul coronamento di cordolo.

6.19.4 Manto con bitume modificato con elastomeri ed armato con TNT

I lavori di impermeabilizzazione dovranno essere eseguiti a temperatura non inferiore a 10°C ed in assenza di forte umidità e di pioggia. Il piano di posa deve risultare perfettamente asciutto e privo di polvere.

L'impermeabilizzazione consisterà essenzialmente nelle seguenti operazioni:

- c) accurata preparazione delle superfici da trattare, che devono risultare compatte, asciutte ed esenti da olii. Si provvederà quindi ad una accurata pulizia generale della superficie con motosoffiatore e, se necessario con motospazzatrice o getto di acqua ad alta pressione (operazione quest'ultima da eseguirsi con la massima cura e senza l'impiego di soluzioni acide);
- d) *spargimento con autocisterna termica, provvista di autonomo impianto di riscaldamento e barra di distribuzione automatica, dotata di strumentazione in grado di assicurare l'uniformità della stesa ed il controllo di processo in tempo reale, di bitume elastomerizzato alla temperatura di 180-190 °C in ragione di 2,5 kg/m².*
- e) *applicazione sulla zona trattata di tessuto non tessuto di poliestere, che dovrà essere sovrapposto di circa 20 cm; il peso di tessuto applicato dovrà essere compreso tra 150 e 200 gr/m².*
- f) *per completare l'adesione del tessuto non tessuto al bitume elastomerizzato nonché per l'impregnazione dello stesso al tessuto si dovrà rullare la superficie con un leggero mezzo di compattazione gommato. Ad operazione conclusa il tessuto dovrà risultare perfettamente aderente al piano di posa legante.*
- g) *spargimento con le stesse modalità di cui al punto b) di una seconda mano di bitume elastomerizzato, in ragione di 2 kg/m².*
- h) *spargimento uniforme di sabbia di natura calcarea o silicea, di pezzatura non superiore a 3 mm, in ragione di circa 2 kg/m².*

All'atto della stesa del conglomerato bituminoso sul manto impermeabilizzante non si dovrà eseguire la consueta mano di attacco tramite emulsione bituminosa.

6.19.4.1 Requisiti di accettazione dei materiali impiegati e del manto impermeabilizzante

6.19.4.1.1 Caratteristiche del bitume elastomerizzato

Come da tabella seguente:

CARATTERISTICHE	NORME	VALORI
Penetrazione a 25°C, dmm	CNR-BU n. 24/71	50-70
Punto di rammollimento, P&A, °C, min	CNR-BU n. 35/73	60
Punto di rottura FRAAS, °C, max	CNR-BU n. 43/74	- 20
Viscosità dinamica a 160°C, Pa x s	SN 67.1722a/85	> 0,45
Ritorno elastico a 25°C, %, min	DIN 52013	80
Stabilità allo stoccaggio (Δ Pen, dmm e P&A, °C), max	-	5
Invecchiamento (RIFOT), penetrazione residua, % min	ASTM D 2872	60
Invecchiamento (RIFOT), variazione P&A, °C	ASTM D 2872	+/-5

6.19.4.1.2 Caratteristiche del tessuto in poliestere

Il tessuto non tessuto in poliestere dovrà essere privo di collanti, appretti o impregnanti e non dovrà aver subito alcun trattamento di termosaldatura; dovrà essere del tipo agugliato ottenuto dal solo processo di filatura (stirotesturizzazione).

Sono richieste le seguenti caratteristiche chimico-fisiche:

- imputrescibilità
- inattaccabilità da muffe, batteri, roditori
- punto di rammollimento PA, °C > 240
- punto di fusione °C > 260
- ottima resistenza ai raggi UV
- ottima resistenza agli agenti chimici
- ottima tenuta allo scorrimento sotto carico costante.

Dovranno inoltre essere garantite le seguenti caratteristiche meccaniche, riscontrate su campioni di dimensioni mm 50 x 150:

- resistenza a trazione longitudinale, N >225
- resistenza a trazione trasversale, N >225
- allungamento a rottura longitudinale, % >65
- allungamento a rottura trasversale, % >75
- resistenza alla lacerazione longitudinale, N >125
- resistenza alla lacerazione trasversale, N >155

6.19.4.1.3 Caratteristiche del manto impermeabilizzante

Sul manto impermeabilizzante ottenuto al termine della lavorazione, dovranno essere garantite le seguenti caratteristiche meccaniche, riscontrate su campioni di dimensioni mm 50 x 150 con spessore di mm 5:

- resistenza a trazione longitudinale, N >500
- resistenza a trazione trasversale, N >500
- allungamento a rottura longitudinale, % >125
- allungamento a rottura trasversale, % >125
- resistenza alla lacerazione longitudinale, N >245
- resistenza alla lacerazione trasversale, N >245
- resistenza alla punzonatura, PS >3
- adesione al supporto cementizio liscio, longitudinale, N >200
- adesione al supporto cementizio liscio, trasversale, N >200

6.19.5 Manto con guaine preformate in bitumi modificati con elastomeri ed armato con TNT

L'impermeabilizzazione dovrà essere realizzata con guaine bituminose preformate, armate con geotessile non tessuto in poliestere, aventi le caratteristiche riportate nel seguito.

6.19.5.1.1 Materiali

Il primer di adesione dovrà essere costituito da base epossidica ed induritore poliamminoalifatico con solventi, per un residuo secco non inferiore al 60% in peso.

La massa bituminosa della guaina sarà costituita indicativamente da bitume leggermente polimerizzato, in quantità non superiore al 70% in peso della massa costituente il legante, mescolato con copolimeri di butilene e propilene con opportuni agenti stabilizzanti della dispersione degli elastomeri nel bitume. Potranno in alternativa essere usati altri tipi di elastomeri e plastomeri purché compatibili con il bitume e con le temperature di fabbricazione e messa in opera.

Dovrà essere escluso l'uso di ogni tipo di carica minerale.

La massa bituminosa costituente la guaina dovrà rispondere alle caratteristiche riportate di seguito

- punto di rammollimento P.e A. > 423 K;
- punto di rottura Frass 258 K;
- penetrabilità DOW a 288 K (con peso 100 g a 289 K) 20÷30 dmm.

La non rispondenza a quanto sopra comporterà il rifiuto delle guaine.

L'armatura delle guaine sarà costituita da geotessile non tessuto ottenuto da fibre di poliestere a filo continuo agglomerato mediante agugliatura. Saranno ammesse anche guaine con armatura mista in geotessile non tessuto in poliestere e rete o velo in fibra di vetro (o altro materiale non putrescibile).

Dalle prove di qualificazione, dovranno risultare i seguenti valori:

- peso > 300 g/m²
- resistenza a trazione su striscia di 5 cm (UNI EN ISO 13934-1 e UNI EN 29073-3) > 18 kN/m
- allungamento (UNI EN ISO 13934-1 UNI EN 29073-3) > 60%
- lacerazione > 0,5 kN
- punzonamento (UNI 8279-14) > 3 kN
- inalterabilità all'azione anche prolungata di sali, alcali, acidi, idrocarburi e microrganismi;
- perfetta adesione ed impregnabilità con la massa bituminosa.

Le guaine impermeabili preformate dovranno avere l'armatura in posizione asimmetrica rispetto alla massa bituminosa (posta a 0,5 mm dalla superficie a contatto con il conglomerato bituminoso della pavimentazione). Le guaine dovranno essere sottoposte preliminarmente a prove dalle quali dovrà risultare la rispondenza ai requisiti sottoelencati:

- massa areica (UNI 8202-7):
 - _ guaina di spessore non minore di 5 mm > 5,500 kg
 - _ guaina di spessore non minore di 4 mm > 4,500 kg
- resistenza a trazione (UNI EN 12311):
 - _ longitudinale > 18 kN/m
 - _ trasversale > 16 kN/m
- resistenza a lacerazione (UNI EN 12310):
 - _ longitudinale 0,16 kN
 - _ trasversale 0,17 kN
- punzonamento statico:
 - _ classe di resistenza/carico supportato su sfera diam. 10 mm:
 - su supporto rigido Ps4/> 25 kg
 - su supporto non rigido Ps4/> 25 kg
- flessibilità a freddo su mandrino (UNI EN 495-5 e UNI EN 1109) 263 K
- scorrimento a 343 K (UNI 8202-16) < 1 mm
- impermeabilità all'acqua (UNI EN 1928) > 100 kPa

Salvo diverse prescrizioni progettuali.

6.19.5.1.2 Modalità di posa in opera

Eseguiti gli interventi preparatori descritti al punto 33.1 seguirà la stesa di un idoneo primer che potrà essere costituito da bitumi di tipo C, le cui caratteristiche sono riportate nelle presenti Norme

(pavimentazioni in conglomerato bituminoso), applicato mediante spruzzo "airless" e con adeguata apparecchiatura.

La guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 5 mm e larghezza minima di 1,00 m, armata con geotessile non tessuto in poliestere del peso di 300 g/m², salvo diverse prescrizioni progettuali, sarà posta in opera direttamente sul primer di attacco alla soletta, quando la temperatura media diurna dell'aria sia superiore ai 283 K.

Le guaine saranno incollate, previa fusione con fiamma, al primer steso in precedenza, curando la perfetta adesione in ogni punto e la tenuta dei giunti (sormonti) di costruzione.

Nel caso invece di guaina del tipo preformato dello spessore non inferiore a 4 mm, sarà posta in opera previa spalmatura, su primer di attacco alla soletta, di 1 kg/m² di materiale bituminoso avente le stesse caratteristiche di quello formante la guaina.

La messa in opera delle guaine dovrà essere effettuata solo dopo completa evaporazione del solvente.

In ambedue i casi la loro adesione al primer non dovrà essere inferiore a quella di quest'ultimo alla soletta.

6.19.6 Manto con cartonfeltro bitumato

L'impermeabilizzazione è costituita da due strati di cartonfeltro bitumato ricoperto a doppio bagno, del peso cadauno non inferiore a 1,2 kg/m², alternati con tre spalmature di bitume ad alto punto di fusione, dato a caldo, in ragione di 1,2 kg/m² per ogni spalmatura. Il peso complessivo dell'impermeabilizzazione dovrà risultare mediamente di 6 kg/m².

Quando il manto è posto al piede di murature e/o tramezzi dovrà avere una larghezza eccedente almeno 10 cm per parte il loro spessore.

6.19.7 Manto con membrane prefabbricate a base bituminosa

L'impermeabilizzazione è costituita da membrane prefabbricate a base bituminosa, disposte ad uno o due strati ed armate con tessuto non tessuto in poliestere o con teli di fibre di vetro. La massa bituminosa sarà costituita indicativamente per il 70% in peso da bitume leggermente polimerizzato mescolato con copolimeri di butilene e propilene con opportuni agenti stabilizzanti della dispersione degli elastomeri nel bitume; avrà le seguenti caratteristiche:

- punto di rammollimento P.e A. 403÷413 K
- punto di rottura Frass 288 K
- penetrazione con peso di 100 g a 298 K: 2÷3 mm.

L'armatura, in relazione alle previsioni progettuali, sarà costituita da:

- tessuto non tessuto del peso di 300 g/m² in fibre di poliestere ad alto titolo e tenacità solidamente collegate tra loro mediante legamento per agugliatura;
- velo in fibra di vetro del peso di almeno 50 g/m²;
- tessuto in fibra di vetro del peso di almeno 50 g/m².

La finitura superficiale delle membrane sarà di tipo: normale; granigliata; autoprotetta con lamina gofrata di alluminio ricotto titolo 99,5% colore naturale di spessore di 0,08 mm; con lamina gofrata di rame ricotto titolo 99,5% colore naturale spessore di 0,08 mm, come da scelte progettuali.

Il peso delle membrane, per quelle armate in tessuto non tessuto in poliestere e per quelle armate con tessuto di fibra di vetro e autoprotette con lamine metalliche sarà di almeno 4 kg/m²; per quelle armate con velo di fibra di vetro sarà di 3 kg/m².

Le membrane saranno applicate a fiamma previa pulizia del supporto e spalmatura di primer a base bituminosa, sovrapponendo i bordi dei teli per almeno 5 cm.

Nel manto costituito da doppio strato di membrane, il secondo strato sarà applicato a fiamma incrociato rispetto al primo.

6.19.8 Manto con fogli di PVC o di gomma sintetica

L'impermeabilizzazione è costituita da fogli in PVC o in gomma sintetica, come da scelte progettuali, dello spessore di 1,2÷1,3 mm, posti in opera con giunti sovrapposti per almeno 10 cm e saldati ad aria calda o mediante solvente.

Le operazioni di saldatura dovranno essere realizzate in tre fasi: puntatura dei teli; formazione di un primo cordone di saldatura; saldatura definitiva a tenuta idraulica ottenuta mediante un secondo cordone di saldatura.

I fogli in PVC (cloruro di polivinile), plastificato e stabilizzato ai raggi ultravioletti, saranno armati con tessuto in poliestere o fibra di vetro.

I fogli in gomma sintetica (Hypalon), da porre in opera, previa impregnazione del sottofondo con appositi adesivi, dovranno essere accoppiati con un feltro in fibra sintetica dello spessore di 0,4 mm. I manti dovranno essere risvoltati, fissandoli sul coronamento perimetrale con profilati estrusi in alluminio di adeguata sezione e sagomati per farli aderire alla struttura sottostante; l'acqua meteorica sarà convogliata ai pluviali mediante pezzi speciali saldati e muniti di griglie parafoglie; particolare cura dovrà essere posta nella realizzazione dei raccordi con le strutture emergenti dal manto (lucernari, canne fumarie ecc.) utilizzando opportuni collari.

6.19.9 Manto con fogli di PVC e coibentazione in pannelli di poliuretano espanso

Il manto è costituito da un primo strato di tessuto non tessuto del peso di 300 g/m²; una barriera antivapore in poliestere di spessore > 0,5 mm; un secondo strato di tessuto non tessuto del peso di 300 g/m²; uno strato coibente dello spessore complessivo di 50 mm a doppio ordine di pannelli rigidi di poliuretano espanso della densità di 35 kg/m³ posti in opera a giunti sfalsati; uno strato impermeabile in PVC dello spessore di 1,5 mm, rinforzato con tessuto in poliestere o velo in fibra di vetro e stabilizzato ai raggi UV.

6.19.10 Impermeabilizzazioni vasche

Le impermeabilizzazioni del fondo e delle pareti interne delle vasche in c.a. di accumulo dell'acqua saranno realizzate con applicazione di vernice monocomponente a base di clorocaucciù data in tre mani per uno spessore complessivo non inferiore a 0,3 mm, previa preparazione del fondo effettuata mediante sabbiatura e stuccatura delle eventuali lesioni o cavillature.

1.0	NORME DI MISURAZIONE E PREZZI IN ELENCO
2.0	PREMESSA
3.0	PRESCRIZIONI TECNICHE SU FORNITURE E LAVORI
3.2	SISTEMI DI MISURAZIONE E REGOLAZIONE
3.2.1	<i>Interruttori fotoelettrici</i>
3.2.2	<i>Regolatori di flusso luminoso per i circuiti di rinforzo</i>
3.2.3	<i>Regolatori del flusso luminoso per i circuiti permanenti</i>
3.4	QUADRI DI MEDIA TENSIONE
3.4.1	<i>Caratteristiche tecniche</i>
3.4.2	<i>Caratteristiche costruttive e composizione</i>
3.5	TRASFORMATORI ELETTRICI DI POTENZA
3.5.1	<i>Circuito magnetico</i>
3.5.2	<i>Avvolgimenti</i>
3.5.3	<i>Caratteristiche Elettriche</i>
3.6	COLLEGAMENTI DI BASSA TENSIONE
3.7	COLLEGAMENTI DI MEDIA TENSIONE
3.8	QUADRI DI BASSA TENSIONE
3.8.1	<i>Caratteristiche tecniche</i>
3.8.2	<i>Caratteristiche costruttive e composizione</i>
3.19	ILLUMINAZIONE NEGLI SVINCOLI
3.19.1	<i>Apparecchi di illuminazione</i>
3.19.2	<i>Sostegni per apparecchi</i>
3.19.3	<i>Variatori di tensione 380V/30kVA – fasi indipendenti</i>
3.20	MANUTENZIONE DELLE OPERE FINO AL COLLAUDO
3.21	ULTERIORI ONERI E FORNITURE A CARICO DELL'APPALTATORE
4.0	NORMATIVA SPECIFICA DI RIFERIMENTO
5.0	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE
5.1	SCAVI
5.2	RIFACIMENTO DI PAVIMENTAZIONI STRADALI
5.3	SOSTEGNI E STAFFE
5.4	POSA IN OPERA DI CONDUTTORI IN CAVO
5.5	CANALIZZAZIONI METALLICHE
5.6	TRASPORTO MATERIALE DI RISULTA ALLE PUBBLICHE DISCARICHE
6.0	QUALITÀ E PROVENIENZA DI MATERIALI E APPARECCHIATURE
6.1	CONDIZIONI GENERALI SU CAVI E CONDUTTORI
6.2	CAVI ELETTRICI PER CIRCUITI DI ENERGIA
6.2.1	<i>Conduttori di terra</i>
6.2.2	<i>Cavi isolati (per impieghi generali)</i>
6.2.3	<i>Cavi isolati (per impiego in cabine elettriche e in gallerie)</i>
6.2.4	<i>Cavi isolati (per illuminazione permanente in galleria)</i>
6.3	CAVI PER SEGNALAZIONI, TELECONTROLLO E TRASMISSIONE
DATI	
6.3.1	<i>Cavi isolati (per segnalazione e telecontrollo)</i>

6.3.2	<i>Cavi a fibre ottiche</i>
6.4	CAVI PER RETI TELEFONICHE
6.5	CAVIDOTTI E PASSERELLE PORTA CAVI
6.5.1	<i>Tubazioni in materiale termoplastico</i>
6.5.2	<i>Tubazioni in acciaio</i>
6.5.3	<i>Passerelle portacavi</i>
6.6	MATERIALI PER DERIVAZIONI
6.6.1	<i>Cassette di derivazione stagne per galleria</i>
6.6.2	<i>Cabine (Cassette) di alloggiamento ed armadi di derivazione</i>
6.7	APPARECCHI ILLUMINANTI ED ACCESSORI ELETTRICI
6.7.1	<i>Apparecchi illuminanti</i>
6.7.2	<i>Lampade ed accessori elettrici</i>
6.8	QUADRI DI MANOVRA, CONTROLLO DISTRIBUZIONE E COMANDO
MOTORI	
6.8.1	<i>Caratteristiche costruttive</i>
6.8.2	<i>Verniciatura</i>
6.8.3	<i>Colorazioni e siglatura morsettiere</i>
6.8.4	<i>Apparecchiature per quadri elettrici</i>
6.9	POZZETTI E CHIUSINI
6.10	CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE E QUADRI DI MT
6.10.1	<i>Struttura metallica</i>
6.10.2	<i>Interblocchi</i>
6.10.3	<i>Altre caratteristiche generali</i>
6.10.4	<i>Caratteristiche elettriche del quadro di M.T.</i>
6.10.5	<i>Trasformatori di potenza</i>
6.11	QUADRI DI BASSA TENSIONE
6.12	APPARECCHIATURE ELETTRONICHE

7.0 PROVE DEI MATERIALI

7.1	CERTIFICATO DI QUALITÀ (QUALIFICAZIONE)
7.2	ACCERTAMENTI PRELIMINARI (ACCETTAZIONE)
7.3	PROVE SISTEMATICHE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA E CAMPIONATURA DEI MATERIALI

8.0 PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORI

8.1	CRITERI COMUNI DI ESECUZIONE
8.1.1	<i>Prescrizioni generali</i>
8.1.2	<i>Cavi elettrici</i>
8.1.3	<i>Stendimento dei cavi elettrici</i>

9.0 MATERIALI DI RISERVA

10.0 DOCUMENTAZIONE FINALE

10.1	MANUALE DI ESERCIZIO E MANUTENZIONE
10.1.1	<i>Manuale operativo</i>
10.1.2	<i>Manuale di manutenzione</i>

- 10.2 ELENCO DEI COMPONENTI
- 10.3 MODIFICHE ALL'ATTO DEL MONTAGGIO

11.0 ISTRUZIONE DEL PERSONALE

12.0 COLLAUDI

- 12.1 COLLAUDO IN CORSO D'OPERA
- 12.2 VERIFICHE SUCCESSIVE
- 12.3 VERIFICA PROVVISORIA
- 12.4 COLLAUDO DEFINITIVO

IMPIANTI IN GALLERIA E DI ILLUMINAZIONE SVINCOLI

La lavorazione in oggetto è definita “importante” e facente parte di “intervento complesso”, a norma delle definizioni del dpr 554/1999 articolo 45 comma 4.

L'impresa aggiudicataria è pertanto obbligata a redigere un documento (piano di qualità di costruzione ed installazione), da sottoporre all'approvazione della direzione lavori, che prevede, pianifica e programma le condizioni, sequenze, modalità, strumentazioni, mezzi d'opera e fasi delle attività di controllo da svolgersi nella fase esecutiva.

1.0 NORME DI MISURAZIONE E PREZZI IN ELENCO

I lavori e le somministrazioni, appaltati a corpo, saranno liquidati in base al corrispettivo a corpo offerto.

Tale corrispettivo, oltre a tutti gli oneri descritti nei successivi articoli, comprende anche:

- a) *per i materiali*: ogni spesa, nessuna eccettuata, per forniture, trasporti, cali, perdite, sprechi, ecc. per fornirli a piè d'opera in qualsiasi punto del cantiere anche se fuori strada;
- b) *per gli operai ed i mezzi d'opera*: le quote per le assicurazioni sociali ed ogni spesa per fornire i medesimi di attrezzi ed utensili del mestiere;
- c) *per i noli*: ogni spesa per dare, a piè d'opera, i macchinari ed i mezzi d'opera pronti per l'uso;
- d) *per i lavori*: tutte le spese, nessuna esclusa, per i mezzi d'opera provvisori e quanto altro occorra per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte; nei prezzi è compreso ogni compenso per tutti gli oneri che l'Impresa dovrà sostenere a tale scopo.

I lavori e le somministrazioni appaltati a misura, saranno liquidati in base ai prezzi unitari offerti comprendenti, anch'essi, gli oneri di cui ai punti a, b, c, d soprariportati. In tal caso, la misurazione, ai fini dell'applicazione delle corrispondenti voci di prezzo, sarà eseguita a metro lineare, a metro cubo ed a unità.

2.0 PREMESSA

Le presenti norme tecniche riguardano in particolare la progettazione e la esecuzione degli Impianti Tecnologici delle gallerie e gli impianti di illuminazione degli svincoli, incroci, rotatorie, sottopassi, passaggi pedonali, ecc.

3.0 PRESCRIZIONI TECNICHE SU FORNITURE E LAVORI

Le opere, forniture e prestazioni varie, che formano l'oggetto delle presenti norme, possono riassumersi nelle seguenti categorie:

1. Illuminazione in galleria
2. Sistemi di misurazione e regolazione
3. Apparecchiature per impianti di ventilazione ed accessori
4. Quadri di media tensione (MT)
5. Trasformatori elettrici di potenza
6. Collegamenti di bassa tensione

7. Collegamenti di media tensione
8. Quadri di bassa tensione (BT)
9. Gruppi statici di continuità
10. Condensatori di rifasamento
11. Materiali per impianti di terra nelle cabine elettriche
12. Accessori per cabine elettriche
13. Pannelli a messaggio variabile
14. Impianto di rilavamento incendio in galleria
15. Impianto di spegnimento incendio in galleria
16. Impianto di aspirazione fumi
17. Impianto di rilevamento e spegnimento incendio nella cabina TR
18. Illuminazione negli svincoli

3.2 SISTEMI DI MISURAZIONE E REGOLAZIONE

Sono i sistemi di misurazione della luminanza interna ed esterna alla galleria con conseguente regolazione automatica dei livelli di illuminamento agli imbocchi.

3.2.1 *Interruttori fotoelettrici*

Saranno costituiti da un complesso di strumentazioni di rilevamento e di apparecchiature di attuazione in grado di regolare il livello di illuminamento alle estremità terminali, interne alla galleria, in funzione del valore di luminanza esterna.

La stazione di rilevamento in galleria sarà costituita da :

- una sonda di rilevamento ad alta sensibilità per la misura della luminanza in galleria ;
- un convertitore analogico/digitale in grado di trasformare la grandezza fisica misurata in un segnale amperometrico di intensità variabile per l'interfacciamento con un sistema di elaborazione computerizzato.

La stazione di rilevamento esterna agli imbocchi sarà costituita da :

- una sonda fotosensibile tarata sui parametri di sensibilità spettrale dell'occhio umano ;
- un convertitore analogico in grado di trasformare la grandezza fisica misurata in un segnale amperometrico di intensità variabile comparabile, attraverso un sistema di elaborazione computerizzato, con il segnale proveniente dalla stazione di rilevamento in galleria. Questa unità, sulla base dei valori misurati, dovrà inoltre emettere un segnale analogico di tipo voltmetrico per l'interfacciamento diretto con l'attuatore di potenza dell'intero complesso di regolazione.

Le stazioni di rilevamento dovranno essere protette in custodie stagne adatte per l'installazione all'aperto. Le sonde fotosensibili saranno alloggiate entro dispositivi ottici a cannocchiale,

L'amplificatore-attuatore, in assenza di un sistema computerizzato di raffronto dei valori di luminanza, pilota il controllo dell'accensione dei rinforzi luce in galleria in funzione della sola luminanza esterna. Esso dovrà essere alloggiato in una custodia metallica in esecuzione IP55

Caratteristiche tecniche

Le caratteristiche tecniche dei convertitori e degli amplificatori-attuatori sono riportate, in paragone sfalsato, nella tabella che segue.

Caratteristiche:

	Convertitori
	Amplificatore-attuatore
- Alimentazione ausiliaria	220 V c.a.
	220 V c.a.
- Campo d'impiego	80 - 120%
	80 - 120%
- Potenza assorbita	10 VA
	50 VA
- Campo di misura luminanza	0-5000 cd/mm ²
	--
- Regolazione soglia di intervento	5-50 cd/mm ² ,
	50-500 cd/mm ²
	500 - 5000 cd/mm ²
	--
	--
	--
- Segnale di misura	0 - 6V
	0 - 5 mA
	0 - 20mA
	0 - 6V
	--
	--
- Carico massimo	per 0-5mA: 4000 Ohms
	--
	per 0-20mA:1000 ohms
	--
- Campo di taratura fondo con scala uscita in corrente	70 - 130%
	--
- Tempo di risposta	2 s
	10 s
- Ritardo alla disinserzione	--
	20 min
- Rapporto di ricaduta	0,95
	0,95
- Stabilizzazione rispetto alla tensione ausiliare (10%)	2,5%

	2,5%
- Stabilizzazione rispetto alla temperatura (- 10° + 55° C)	5% 5%
- Tipo di elementofotosensibile	silicio - -
- Picco della risposta spettrale	570 nm - -
- Portata contatti finali	- - 10A-250V c.a.
- Prova dielettrica a tensione alternata 2000V	50Hz per 1 min. - -
- Prova dielettrica ad impulso 5 KV	1,2/50 μ S - -
- Grado di protezione della custodia	IP55

3.2.2 *Regolatori di flusso luminoso per i circuiti di rinforzo*

Il regolatore automatico dovrà permettere di alimentare, in variazione di potenza, l'illuminazione di rinforzo agli imbocchi della galleria.

In particolare dovrà assicurare le seguenti funzioni :

- la stabilizzazione della rete di alimentazione delle lampade entro un campo di valori compreso tra $\pm 1,5\%$ del valore nominale della tensione d'impianto;
- l'accensione automatica, anche in presenza di valori di tensione ridotti, rispetto al valore nominale, fino a 205V;
- la variazione automatica della potenza che permette di adeguare la tensione di uscita fino a 170V con differenti funzioni caratteristiche per le variazioni crescenti e decrescenti dei valori di tensione sulla base dei livelli di illuminamento preimpostati (e quindi regolazione del flusso luminoso in modo continuo dal 50% al 100% e viceversa);
- possibilità di parzializzazione (spegnimento) del 50% delle lampade alimentate per ottenere, quando richiesto, un livello minimo di illuminamento pari al 25% del valore massimo.

Dovrà essere corredato di scheda di interfaccia in grado di acquisire il segnale analogico del sistema fotoelettrico e convertirlo in un segnale digitale (a 2 contatti) per il controllo "Aumento/Diminuizione" del circuito del variatore.

Il regolatore dovrà essere fornito senza propria carpenteria in modo da poterlo inserire all'interno delle carpenterie di bassa tensione che costituiscono il quadro di illuminazione esterna.

3.2.3 *Regolatori del flusso luminoso per i circuiti permanenti*

Le apparecchiature centralizzate per il controllo del flusso luminoso dei circuiti permanenti dovranno essere del tipo trifase, con tensione di alimentazione 380V con neutro. La potenza delle singole unità dovrà essere conforme a quanto indicato negli elaborati grafici allegati.

I regolatori dovranno essere adatti ad alimentare circuiti realizzati con lampade al sodio a bassa pressione.

Il loro funzionamento dovrà essere completamente automatico, sulla base di un ciclo di esercizio preimpostato e programmabile su “memory card” tale da garantire l’inserimento automatico e l’ottimizzazione del fattore di potenza, a valori superiori a 0,9 anche nella condizione di esercizio a flusso ridotto.

Dovranno inoltre assicurare la salvaguardia della durata di vita media delle lampada, accendendo le stesse a flusso parzialmente ridotto, ed entrando automaticamente in funzione quando la tensione di rete supera del 5% il valore nominale.

In generale tutti i regolatori di potenza, siano essi asservibili all’illuminazione permanente o ai circuiti di rinforzo, dovranno essere dotati di schede di interfaccia, per il controllo dello stato operativo, con evidenziazione delle condizioni di esercizio seguenti:

- normale con funzionamento :
 - a pieno carico
 - a carico parziale
- anomalo con condizione di :
 - guasto interno
 - mancanza di tensione
 - intervento protezione

A completamento le singole lanterne dovranno essere dotate di portalampade in porcellana con attacco E27 e di cablaggi interni per i circuiti di energia e di protezione.

3.4 QUADRI DI MEDIA TENSIONE

I quadri di media tensione dovranno essere di tipo protetto realizzati affiancando scomparti completamente normalizzati, costruiti con componenti di media tensione pure normalizzati. Saranno progettati singolarmente, e nel loro insieme, per offrire, con la massima semplicità costruttiva, una versatilità di impiego tale da soddisfare alle più svariate esigenze di impianto. Vengono di seguito elencate le loro caratteristiche.

3.4.1 *Caratteristiche tecniche*

Caratteristiche ambientali

- | | |
|------------------------------------------|-------|
| ▪ temperatura ambiente massima | 40° C |
| ▪ temperatura ambiente media (rif. 24 h) | 35° C |
| ▪ temperatura ambiente minima | -10°C |

- umidità relativa massima a 25° 90%
- installazione all'interno di un fabbricato in muratura
- altitudine s. l. m. <1000 m

Caratteristiche elettriche

- livello di isolamento nom.le 24 kV
- tensione di esercizio 20 kV
- frequenza nom.le 50+2,5%Hz
- sistema elettrico trifase
- stato di neutro isolato
- tensione di tenuta a 50 Hz per 1 min. 50 kV
- tensione di tenuta ad impulso 125 kV
- corrente nom.le sbarre principali
e derivate 630A
- corrente nom.le ammissibile
di breve durata per 1 sec. 16 kA
- tensione nom.le circuiti aux 220V-50Hz
- tensione nom.le circuiti
illuminazione e riscaldamento 380/220V-50Hz
- corrente dinamica di cresta 40 kA
- grado di protezione a vano chiuso IP30

Rispondenza a norme tecniche e leggi antinfortunistiche

Per quanto non espressamente precisato nel presente Capitolato, i quadri dovranno essere rispondenti alle seguenti norme:

- CEI 17-6 fasc. 1126 -“Apparecchiatura prefabbricata con involucro metallico per tensioni da 1 a 72,5 kV
- IEC 298 esuccessive varianti
- CEI 17-1 fasc. 1375 -“Interruttori in c.a. per tensioni >1000V”
- CEI 17-4 fasc. 1343 -“Sezionatori in c.a per tensioni >1000V”
- CEI 38-1 fasc. 1008 -“Trasformatori di corrente”
- CEI 38-2 fasc. 1009 -“Trasformatori di tensione”
- D.P.R : 547 del 27/4/55 e successive integrazioni.

3.4.2 *Caratteristiche costruttive e composizione*

Composizione e suddivisione del quadro

I quadri saranno costituiti da scomparti affiancati e completamente chiusi.

La modularità degli scomparti e dei vari componenti dovrà consentire eventuali futuri ampliamenti sui due fianchi.

I vari scomparti dovranno essere completamente segregati fra di loro e saranno a loro volta compartimentati in celle elementari metallicamente segregate le une dalle altre in modo da impedire la propagazione di eventuali archi interni. Le celle di scomparto saranno le seguenti:

- ingresso alimentazione
- celle di sezionamento generale
- cella di risalita
- cella strumenti di misura (TV)
- cella protezione trasformatori
- canaletta interconnessioni ausiliarie.
- cassetta per apparecchiature di bassa tensione.

Prescrizioni costruttive e funzionali degli scomparti e delle relative celle di compartimentazione

Come sopra riportato, ogni scomparto del quadro sarà compartimentato in celle elementari le cui caratteristiche principali dovranno essere conformi a quanto di seguito precisato.

Cella sbarre principali:

La cella sbarre di ciascun scomparto dovrà essere adeguatamente compartimentata mediante interruttore di manovra di tipo rotativo in posizione di aperto al fine di evitare l'accesso alle parti in tensione. Opportuni diaframmi isolanti dovranno essere pertanto previsti fra le celle.

L'accesso alle sbarre sarà possibile, solo a quadro completamente fuori tensione, tramite pannelli sbullonabili.

Cella interruttore

La cella interruttore dovrà essere disposta nella parte frontale dello scomparto.

In sommità la cella dovrà essere equipaggiata di interruttore di manovra di tipo rotativo in grado di compartimentare lo scomparto sbarre dal vano interruttore.

Gli interruttori dovranno essere assemblati alla carpenteria in modo da impedire contatti con parti in tensione, sia con interruttore in posizione di inserito che con interruttore in posizione di sezionato.

La messa a terra della struttura metallica dell'interruttore dovrà essere realizzata in modo tale da mantenersi perfettamente efficiente per tutta la durata della manovra di estrazione dell'interruttore fino alla completa estrazione della cella.

L'interruttore, sempre sezionabile, dovrà poter assumere, rispetto alla parte fissa del quadro le seguenti posizioni:

- inserito: circuiti principali ed ausiliari collegati elettricamente ;
- sezionato in prova: circuiti principali sezionati e circuiti ausiliari elettricamente collegati
- estratto: circuiti principali e ausiliari disinseriti.

Cella linea

La cella linea dovrà essere accessibile dal fronte dello scomparto. Essa dovrà contenere i seguenti componenti :

- sezionatore di terra e relativi contatti ausiliari
- trasformatori di corrente
- trasformatori di corrente toroidali sul cavo
- terminali per cavi
- divisori capacitivi di tensione

Sulla porta anteriore dovranno essere previsti oblò di ispezione.

Cella strumenti

Nella cella strumenti, prevista sopra la celle interruttore, dovrà essere contenuta tutta l'apparecchiatura di bassa tensione di normale impiego.

In particolare :

- le morsettiere e la cavetteria (in apposite canalette) per le interconnessioni fra gli scomparti e per l'allacciamento dei cavetti ausiliari
- gli accessori ausiliari dell'interruttore e dello scomparto (strumenti di misura, relè di protezione, dispositivi di comando e segnalazione, fusibili, interruttori di bassa tensione, ecc.)
- i contatti ausiliari di posizione dell'interruttore (inserito/sezionato).

Cella trasformatori di tensione (Cella TV)

La cella TV dovrà essere installata al posto di una cella interruttore.

Nella cella dovranno essere montati i trasformatori di tensione e i fusibili relativi, in esecuzione sezionabile per facilitarne la sostituzione in sicurezza.

Canaletta interconnessioni

Sul tetto dello scomparto, lato anteriore, si dovrà prevedere una canaletta (aggiuntiva a quella interna sempre esistente) per la raccolta delle connessioni auailiarie fra i vari scomparti e verso l'impianto esterno.

Sicurezze funzionali e antinfortunistiche

Con tutti i circuiti a media tensione attivi dovranno essere operative, senza pericolo, le seguenti attività:

- Dall'esterno del quadro, mantenendo la continuità del suo involucro ed il grado di protezione per esso prescritto :
 - comando elettrico di apertura e chiusura di quegli apparecchi di interruzione e sezionamento per i quali il comando è previsto;

- comando meccanico di apertura e chiusura degli apparecchi privi di comando elettrico; per i sezionatori dovrà essere possibile anche il bloccaggio in posizione di “chiuso” o di “aperto” a mezzo dispositivo apposito con chiave asportabile ;
 - controllo diretto, a vista, senza dover ricorrere cioè all’apertura di sportelli, della posizione dell’interruttore ;
 - verifica “presenza tensione” sulle linee a media tensione raccordate al quadro e verifica “corrispondenza fasi”.
- Dopo l’apertura di sportelli incernierati dotati di appositi blocchi elettrici tali da rendere impossibile l’accesso alle apparecchiature sotto tensione a frontale aperto:
 - manovre di separazione e reinserzione degli apparecchi “estraibili”,
 - comando meccanico di apertura e chiusura di apparecchi di interruzione dotati anche di comando elettrico,
 - ispezioni, in servizio, degli apparecchi elettrici (a bassa tensione) di protezione, comando, segnalazione e misura.

Circuiti a media tensione

I circuiti principali saranno costituiti da un unico sistema a sbarre di rame, argentato nelle giunzioni, e rivestito in resina epossidica.

Le sbarre così rivestite dovranno essere adatte per le relative correnti nominali, con i limiti di sovratemperatura ammessi dalle Norme, e dovranno resistere termicamente alle correnti di breve durata previste.

I supporti isolanti delle sbarre, dei sezionatori, dei fusibili e dei contatti fissi degli apparecchi estraibili dovranno essere in materiale ceramico oppure in araldite o resina di analoghe caratteristiche.

Le sbarre, unitamente ai relativi supporti isolanti di cui sopra, dovranno resistere agli sforzi meccanici derivanti dai valori massimi iniziali delle previste correnti di breve durata.

Non saranno ammesse diaframature con materiali isolanti per conseguire il livello di isolamento prescritto: il loro uso sarà consentito solo per i fusibili, con il solo scopo di ostacolare l’innesco dell’arco tra le fasi, nel caso di una loro esplosione.

Tutti i materiali isolanti impiegati dovranno avere, e conservare nel tempo, elevate caratteristiche dielettriche e meccaniche; in particolare avranno un’ottima resistenza alle scariche superficiali e non propagheranno la fiamma. L’impiego di cavi unipolari per derivare dalle sbarre i TV o apparecchi interni al quadro, non sarà consentito.

Interruttori di manovra - sezionatori

Dovranno essere del tipo ad isolamento solido, o in esafloruro SF₆, con corrente nominale non inferiore a 630°; saranno di tipo rotativo in modo da segregare, ad apparecchio aperto, le parti in tensione delle sbarre.

L’apparecchio dovrà essere conforme alle normative CEI 17-9 e 17-4 con un involucro isolante, che racchiude le parti in tensione, fisse e mobili, in un’atmosfera gassosa ad una pressione relativa di 0,4 bar conforme, per sigillatura delle parti, alla normativa CEI 17-1 appendice EE. Dovranno inoltre essere soddisfatte le caratteristiche operative seguenti:

- tensione nominale di esercizio 20 KV

▪ tensione di isolamento	24 KV
▪ tensione di prova (valore efficace)	60 KV
▪ tensione di impulso	145 KV
▪ corrente nominale	630 KV
▪ corrente di breve durata	16 KA
▪ potere di interruzione	16 KA

L'interruttore di manovra, sezionatore generale di ingresso al quadro, dovrà essere dotato di bobina ausiliaria di sgancio dei contatti di posizione per la segnalazione degli stati di aperto, chiuso e blocco chiave.

Le ridotte dimensioni delle apparecchiature isolate in atmosfera gassosa, rispetto alle apparecchiature isolate in aria, dovrà servire a dare una ridotta modularità agli scomparti di MT ferma restando la configurazione generale dello schema e la compartimentazione dei singoli moduli tra le parti di media tensione (sbarre e celle unità) e tra la media e la bassa tensione (cassetti porta strumenti).

Circuiti di terra

Tutte le parti metalliche, i sezionatori di terra ed i secondari dei trasformatori di misura dovranno essere allacciati, mediante conduttori, ad una sbarra collettoria in rame disposta lungo tutto il quadro. Tale sbarra dovrà essere collegata al sistema di terra dell'impianto. Detta sbarra non potrà essere contenuta nella cella tipo "barre collettive" né potrà attraversarla e dovrà essere disposta lontano dai circuiti principali. Dovrà essere dimensionata secondo quanto prescritto dall'art. 20 delle Norme CEI 17-6.

Tutti i conduttori di terra dovranno avere guaina giallo/verde e dovranno essere dimensionati per la corrente di breve durata ammissibile, prevista per il quadro, senza che intervengano fenomeni di ricottura; dovranno resistere agli sforzi elettromeccanici che ne derivano senza subire deformazioni permanenti o manifestare rotture.

L'interconnessione con la carpenteria o direttamente con la barra di terra, Per le porte incernierate e le serrande, dovrà essere realizzata mediante conduttori flessibili di sezione minima pari a 16 mmq. Per la messa a terra degli apparecchi estraibili, dovranno essere previsti appositi contatti striscianti che, nelle operazioni di inserzione ed estrazione, saranno i primi a stabilire il contatto e gli ultimi ad interromperlo.

La barra di terra del quadro dovrà essere provvista di opportuni attacchi per il collegamento alla rete di terra generale.

Circuiti ausiliari

All'interno di ciascuna cella, dei circuiti ausiliari di BT, dovrà essere prevista una morsettiera terminale alla quale faranno capo:

- i circuiti di misura e di protezione (secondari dei TA e dei TV)
- i circuiti di comando e segnalazione relativi alle apparecchiature installate nello scomparto.

Essa dovrà essere costituita da morsetti componibili in melanina e dovrà avere una numerazione progressiva.

I singoli morsetti, con fissaggio a vite del tipo antivibrante, dovranno essere adatti a ricevere conduttori delle seguenti sezioni:

- fino a 6 mmq per i circuiti amperometrici, voltmetrici, e delle alimentazioni ;
- fino a 4 mmq per i rimanenti circuiti.

I morsetti dei circuiti voltmetrici dovranno essere del tipo sezionabile; quelli dei circuiti amperometrici del tipo sezionabile-cortocircuitabile.

I circuiti ausiliari dovranno essere eseguiti mediante cavi e/o conduttori aventi le seguenti caratteristiche:

- Avere conduttori flessibili in rame con sezione:
 - non inferiore a 1,5 mmq per i circuiti normali (e comunque di sezione tale da non causare cadute di tensione superiori del 3% del valore nominale nei casi di solenoidi, resistenze, ecc.);
 - non inferiore a 2,5 mmq per i circuiti di misura voltmetrici ed amperometri.
- Avere un isolamento adatto per le seguenti tensioni di esercizio :
 - Eo/E 0,6/1 kV per i cavi
 - Eo/E 0,45/0,75 kV per i conduttori
- Non essere propaganti l'incendio secondo le Norme CEI 20-22/2 e 20-35.

Negli eventuali attraversamenti delle lamiere metalliche di divisione, i cavi e/o i conduttori dovranno avere il rivestimento isolante non direttamente a contatto con la lamiera, ma dovranno essere opportunamente protetti con materiali non metallici resistenti all'invecchiamento e non propaganti la fiamma.

Le canalette in plastica contenenti i vari conduttori del cablaggio interno agli scomparti dovranno essere di materiale autoestinguente e non dovranno essere occupate per più del 70% della loro sezione.

In corrispondenza dei terminali, che dovranno essere del tipo a pressione preisolati, i conduttori saranno corredati di contrassegni, la cui siglatura dovrà essere concordata con l'Ente Appaltante e dovrà corrispondere a quella riportata sugli schemi elettrici.

I conduttori dei collegamenti agli apparecchi montati su sportelli dovranno essere raggruppati in fasci flessibili. Detti fasci dovranno essere disposti, ancorati e protetti in modo tale da escludere deterioramento meccanico e sollecitazione sui morsetti.

Tutti i circuiti in arrivo e in partenza dovranno far capo a morsettiere terminali ubicate in posizione facilmente accessibili e comunque da concordare con l'Ente Appaltante; a questa morsettiera dovranno inoltre essere connessi tutti i contatti di relè, strumenti, apparecchi (anche se non utilizzati) eccezione fatta per quelli che sono collegati ad apparecchi contenuti nello stesso quadro.

Tutte le indicazioni di stato, ed i comandi di ogni apparecchiatura, dovranno essere riportati in morsettiere per poter essere eventualmnte utilizzati, per il telecomando ed il telecontrollo, dal Centro Operativo.

Interruttori

Gli interruttori, di primario Costruttore, dovranno essere del tipo ad isolamento in SF16. Dovranno essere muniti di comando a motore di chiusura ed apertura, nonché delle segnalazioni di dette posizioni, visibili dall'esterno a cella chiusa.

Essi dovranno, inoltre, essere predisposti per il comando elettrico, di chiusura ed apertura, a distanza.

Per i contatti di fine corsa, relativi alle operazioni assunte dall'interruttore, dovranno essere disponibili, e riportati in morsettiere, n. 5 contatti ausiliari, in apertura ed in chiusura, liberi da tensione.

Per la sicurezza di esercizio dovranno essere previsti sull'interruttore i seguenti blocchi e dispositivi:

- blocco meccanico che impedisce l'inserzione e la disinserzione dell'interruttore quando lo stesso è in posizione di chiuso;
- blocco meccanico che non permette la chiusura manuale od elettrica dell'interruttore nelle posizioni intermedie fra inserito e sezionato;
- blocco meccanico che impedisce l'inserzione dell'interruttore quando è chiuso il relativo sezionatore di terra;
- blocco meccanico che non permette l'introduzione di un interruttore per corrente nominale inferiore a quella prevista nello scomparto ;
- blocco meccanico che non permette la chiusura manuale od elettrica dell'interruttore se non è inserito il connettore dei circuiti ausiliari e che impedisce l'estrazione dello stesso ad interruttore chiuso;
- blocco a chiave che non permette la chiusura manuale od elettrica dell'interruttore se non è inserita la chiave; la stessa rimarrà bloccata, ad interruttore chiuso;
- blocco meccanico che impedisce l'estrazione dell'interruttore se l'otturatore metallico, azionato meccanicamente, non è bloccato nella posizione di chiuso ad interruttore asportato; sarà impedito l'accesso involontario alle parti in tensione.

Sezionatori di terra

I sezionatori di terra dovranno essere equipaggiati con comando manuale locale. Il comando dovrà essere corredato di blocco e di contatti ausiliari di fine corsa liberi da tensione. Di questi contatti, 2NA + 2NC saranno a disposizione e riportati in morsetti.

I sezionatori di terra saranno inoltre provvisti di:

- blocco meccanico che impedisce la chiusura del sezionatore quando l'interruttore è in posizione di inserito, o viceversa, impedisce lo spostamento dell'interruttore verso la posizione di inserito quando il sezionatore è in posizione di chiuso;
- blocco a chiave, con chiave asportabile, che permette di bloccare il sezionatore in posizione di "aperto" o "chiuso";
- blocco meccanico, che impedisce l'apertura della portella della cella cavi di potenza quando il sezionatore è nella posizione di "aperto";
- blocco meccanico, che impedisce di aprire il sezionatore quando la portella della cella cavi di potenza è aperta.

Trasformatori di misura

I riduttori di corrente dovranno essere tali da resistere termicamente alle correnti di breve durata e meccanicamente ai loro valori massimi iniziali.

I trasformatori di misura dovranno essere scelti in modo da garantire il corretto funzionamento degli apparecchi di protezione e misura da essi alimentati.

I trasformatori di corrente, destinati al rilievo delle correnti sulle linee in arrivo ed in partenza dal quadro, dovranno essere sistemati in posizione fissa nella cella linea.

Qualunque sia la funzione dei TA installati in posizione fissa, una volta aperto il pannello di chiusura della cella nella quale sono sistemati, si dovrà poter accedere facilmente ai loro morsetti per operare serraggi, cambi di rapporto (ove previsti), ecc. senza necessità di rimuovere i TA o qualsiasi altro apparecchio o collegamento esistente nella cella.

In particolare i trasformatori di misura dovranno essere conformi alle Norme CEI 38.3 per quanto riguarda le prove di misura delle scariche parziali.

Per evitare sovratensioni che si potrebbero generare in seguito al verificarsi di fenomeni di ferrorisonanza, i TV dovranno essere costruiti con un avvolgimento secondario a triangolo aperto con un'adeguata resistenza. La resistenza dovrà essere compresa nella fornitura del quadro.

Segnalatori e blocchi di presenza tensione

Ogni sezione di quadro dovrà essere munita di un dispositivo di segnalazione presenza tensione sulla linea in arrivo o in partenza.

Detto dispositivo dovrà essere applicato a ciascuna fase e dovrà essere costituito da lampade a bassa tensione alimentate da partitori capacitivi.

La segnalazione dovrà essere efficace anche quando la tensione di linea scenderà al 70% della tensione nominale.

Le lampade dovranno essere ubicate, ben visibili, accanto al comando manuale del sezionatore di terra e dovranno essere intercambiabili dall'esterno del quadro.

Relè ed interruttori ausiliari

Ciascun apparecchio dovrà essere munito di custodia di protezione.

Tutti i tipi di relè dovranno essere in esecuzione estraibile. Gli interruttori di protezione dei circuiti ausiliari dovranno essere adatti ad interrompere le massime correnti di guasto a cui possono essere assoggettati.

Gli interruttori destinati ai circuiti di comando degli apparecchi a media tensione dovranno essere dotati di contatti ausiliari per segnalazione di interruttore aperto.

Resistenze anticondensa

Ogni sezione di quadro dovrà essere munita di una o più resistenze anticondensa complete di termostato per l'inserimento o il disinserimento automatico

Visibilità dall'esterno

Le celle dovranno essere munite di armature per illuminazione, complete di lampade ad incandescenza che si accenderanno dall'esterno a mezzo di interruttori predisposti nell'involucro esterno del quadro. La sostituzione delle lampade all'interno delle celle dovrà essere eseguita senza rimuovere parti di altri circuiti.

Particolarità costruttive

La struttura del quadro dovrà essere costruita in modo che per gli interventi o le manovre (estrazione ed inserzione in particolare) sugli apparecchi d'interruzione non si verifichino vibrazioni capaci di provocare scatti intempestivi delle apparecchiature elettromeccaniche di protezione ed ausiliarie o comunque di compromettere il corretto funzionamento dei diversi "organi"; dovrà essere inoltre predisposta l'ampliabilità, in opera, del quadro, da entrambe le estremità, senza necessità di operare forature, tagli o saldature neppure sulle barre collettrici.

Tutte le celle impiegate dovranno essere d'acciaio al Carbonio e liscie, piane, lucide e decapate. Tutte le celle dovranno essere munite di portelle corredate di robuste cerniere e di fermo che ne limiti e fissi l'apertura ad una angolazione conveniente per la rimozione degli apparecchi contenuti nella cella e per evitare l'urto contro i pannelli adiacenti. I pannelli asportabili facenti parte, dell'involucro "cella sbarre principali" dovranno essere invece muniti di viteria di fissaggio con protezione contro la loro perdita accidentale.

L'accessibilità, per controlli o per sostituzione di qualsiasi apparecchio o componente, dovrà essere garantita nelle condizioni di massima sicurezza.

Gli oblò d'ispezione dovranno essere corredate di materiale trasparente autoestinguente capace di resistere al calore e di assicurare un'adeguata resistenza meccanica.

La bulloneria impiegata nella costruzione del quadro dovrà essere in materiale non soggetto ad ossidazione.

La struttura meccanica degli scomparti dovrà essere tale da consentire il posizionamento dei quadri nei locali di installazione senza che si verifichino rotture, deformazioni, o avarie alle apparecchiature elettriche in essi installate.

Verniciatura

La verniciatura dovrà essere di tipo elettrostatica a polvere ed il trattamento dovrà essere effettuato come segue:

- Sgrassaggio a spruzzo eseguito a caldo in tunnel con prodotti fosfosgrassanti contenenti fosfati alcalini e tensio-attivi non ionici biodegradabili. Temperatura di lavoro 50 a 60 °C. Pressione di spruzzo da 1,8 a 2 Atm.
- Lavaggio a spruzzo eseguito in tunnel con acqua di fonte a temperatura ambiente. Temperatura di lavoro da 10 a 300 °C. Pressione di spruzzo da 1,8 a 2 Atm.
- Passivazione a spruzzo eseguita in tunnel con acqua a temperatura ambiente con prodotti passivanti, esenti da cromo, atti a migliorare la resistenza alla corrosione degli strati fosfatici, non infiammabili, contenenti polimeri organici, derivanti da sostanze naturali ad alto peso molecolare e completamente biodegradabili. Temperatura di lavoro da 10 a 30°C. Pressione di spruzzo da 1,8 a 2 Atm.
- Essiccazione: dopo essere stati sottoposti alle fasi di preparazione, i componenti verranno fatti passare nel forno di essiccazione per preparare le superfici a ricevere le polveri di verniciatura. Temperatura di lavoro 160°C. Tempo di permanenza 15 minuti.
- Verniciatura elettrostatica alle polveri eseguita in cabina automatica con due robot e posto uomo per la ripresa manuale delle zone d'ombra. Verrà utilizzato un rivestimento termoidratante in polvere di tipo epossipoliestere:
 - pressione di spruzzo da 2 a 2,5 Atm
 - tensione di lavoro da 45 a 100 KV
 - spessore minimo 45 Micron
 - brillantezza 65 + 10 gloss
 - punto di colore RAL 7030 grigio perla (standard)
- Essiccazione: l'indurimento delle polveri applicate dovrà avvenire in forno che riscaldandosi raggiunge prima la temperatura di reticolazione e di indurimento. Temperatura di lavoro 160°C. Tempo di permanenza da 30 a 40 minuti

Documentazione

A corredo dei quadri dovrà essere fornita la seguente documentazione:

- disegno di ingombro del quadro
- disegno della sezione tipica
- cataloghi illustrativi
- schemi elettrici unifilari e multifilari
- schemi elettrici funzionali
- elenco apparecchiature
- certificati ufficiali attestanti la rispondenza dei quadri alle Norme CEI 17-6 e/o IEC 298 e DPR 547
- certificati delle prove di tipo eseguite

Parti di ricambio ed attrezzi speciali

Per ogni quadro dovranno essere fornite le seguenti parti di ricambio ed attrezzature:

- n. 3 portalampade completi di coppetta colorata per ogni tipo
- n. 3 divisori capacitivi
- n. 1 terna di fusibili per protezione lato primario TV.
- Tutti gli attrezzi speciali necessari per l'operazione di inserzione-estrazione apparecchiature e di manovra delle stesse.

Collaudi e prove

Tutte le prove di collaudo dovranno essere eseguite in contraddittorio con i rappresentanti della Direzione Lavori e si svolgeranno presso le officine del Costruttore. I costi per l'effettuazione delle prove di accettazione saranno a carico dell'Appaltatore.

Per essere sottoposto a prove il quadro dovrà essere completamente montato, collegato internamente e messo a punto presso l'officina del Costruttore. Verranno eseguite:

- Prove di accettazione
 - prova di tensione a frequenza industriale dei circuiti di potenza
 - prove di tensione dei circuiti ausiliari
 - prova di funzionamento meccanico
 - prova dei dispositivi ausiliari
 - verifica dei cablaggi
 - controllo dell'intercambiabilità dei componenti estraibili e degli altri componenti identici fra loro per costruzioni e caratteristiche.
- Prove di tipo
 - L'Appaltatore dovrà produrre copia dei certificati relativi alle prove di tipo realizzate da un laboratorio indipendente attestanti la rispondenza del quadro e delle apparecchiature alle Norme sopracitate.

- In particolare è richiesta dimostrazione delle seguenti prove:
 1. prova di corrente di breve durata, nei circuiti principali, per un valore non inferiore a 20 KA e nel circuito di protezione;
 2. prova di riscaldamento per un valore di corrente nominale non inferiore a 1250 A.

Composizione degli scomparti

La composizione degli scomparti è descritta negli elaborati di progetto.

Scomparto arrivo linea costituito da:

n. 1 carpenteria normalizzata

* dim. 700x1950x1150 mm

* verniciatura esterna RAL 7030 * verniciatura interna RAL 7030

(salvo parti zinco-passivate)

n. 1 sistema di sbarre collettrici e derivazioni rivestite in resina e argentate, 630A.

Serie di isolatori portanti in resina epossidica.

n. 1 interruttore di manovra sezionatore di tipo rotativo conforme a quanto precedentemente descritto L'interruttore sarà corredato di:

* comando a molle precaricate

* comando manuale di apertura e chiusura

* sganciatore di apertura 220V 50 Hz

* blocco a chiave

* contatti aux 1ONa+10Nc

* connettori (spina-presa) per contatti ausiliari con dispositivo di blocco

n. 1 sezionatore tripolare di messa a terra senza potere di chiusura

tensione nom.le : 24 KV corrente nom.le di breve durata : 16 KA/1S blocco a chiave

interblocchi meccanici con interruttore e blocco porta con portella cella cavi MT contatti ausiliari 2Na + 2Nc

n. 1 terna di derivatosi capacitivi con cassetta di segnalazione munita di prese con morsetti che permettono di controllare la concordanza di fase

n. 3 trasformatori di corrente inglobati in resina a due nuclei

* tensione nom.le : 24 KV

* rapp.to di trasf.ne : in accordo progetto

* corrente termica: 16 KA11S

* 1 avv.to secondario:

prestazione / classe 20 VA/0,5

* 2 avv.to secondario:

prestazione / classe 20 VA /SP10

n. 1 relè di protezione -51-) di max corrente trifase a tempo indipendente I soglia temporizzabile

n. 1 amperometro indicatore lato 96 mm

n. 3 trasformatori di corrente inglobati in resina

* tensione nom.le: 24 KV

* rapp.to di trasf.ne: in accordo progetto

* i avv.to secondario

* prestazione/classe: 2OVA/5P10

* I termica: 16KA/1S

n. 1 amperometro indicatore lato 96 mm scala secondo progetto

n. 1 relè di max corrente trifase a tempo indipendente 2 soglie temporiz. (50-51)

n. 1 relè di max corrente omopolare di terra a tempo indipendente, 1 soglia temporiz. (51N)

n. 1 trasformatore toroidale per inserzione protezione (51N);

* nucleo chiuso

* diam. interno: 110 mm

* prestazione/classe: 3VA/3

n. 2 sistemi di illuminazione interno scomparto (cella strumenti-cella linea) provvisti cad. di lampada e int.re di comando

n. 1 sistema anticondensa, composto da resistenze anticondensa, termostato 0-60' C e int.re di protezione

n. 4 lampade di segnalazione stato int.re SF6

n. 3 pulsanti/selettori di comando

n. 1 montaggio e collegamento di centralina (26) sovratemperatura trafo

Serie di accessori: fusibili di BT - morsetti per interruttori automatici di tipo modulare per circuiti aux - cassetteria aux targhette indicatrici e di istruzione manovre-sinottico a fronte di scomparto e quanto altro necessario al funzionamento dello scomparto.

3.5 TRASFORMATORI ELETTRICI DI POTENZA

I trasformatori di potenza dovranno essere del tipo a struttura interna incapsulata ed impregnata in resina epossidica con le caratteristiche costruttive di seguito descritte.

Essi dovranno essere forniti completi di sonde termiche (con relativa centralina di allarme), di golfari di sollevamento e di carrello.

3.5.1 *Circuito magnetico*

Il circuito magnetico dovrà essere costituito da lamierini a cristalli orientato con taglio dei giunti a 45 gradi a basse perdite.

3.5.2 *Avvolgimenti*

L'avvolgimento di bassa tensione dovrà essere realizzato con lastra di rame (con purezza superiore al 99,5%) e dovrà essere isolato, in classe F, con l'impiego di resina epossidica.

L'avvolgimento di media tensione dovrà essere realizzato con piatto di rame (con purezza superiore al 99,5%) a spigoli arrotondati.

3.5.3 *Caratteristiche Elettriche*

Le caratteristiche elettriche non dovranno essere inferiori a quelle di sottoelencate:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| - Potenza nominale (KVA) | 125 -160 -200 -150 -630 |
| - Classe di tensione (KV) | 24 - 24 - 24 - 24 -24 |

- Perdita a vuoto (V)	510 -650 -750 -880 -1650
- Perdite a carico (W)	1900-2400-2800-3250-
- Tensione di c.c. (%)	6,25-6,25-6,25-6,25-
- Corrente a vuoto (%)	2,3 -2,2 -2,1
-	

La tensione di alimentazione primaria dovrà essere, in linea di massima 15.000 V. Si dovrà comunque, prima della fornitura, verificare questo dato con la società distributrice dell'energia (ENEL o altri).

La tensione secondaria dovrà essere di 380V trifase, con neutro per le macchine addette alla alimentazione delle utenze normali, e di 660V trifase per le macchine dedicate alla alimentazione degli elettroventilatori.

Dovranno comunque essere costruiti secondo le vigenti normative in materia.

Dovranno altresì essere corredate per l'alimentazione in media tensione a 10 KV ed attrezzate per una variazione di rapporto compresa tra -2,5%.e +2,5%.

3.6 COLLEGAMENTI DI BASSA TENSIONE

I collegamenti di bassa tensione, all'interno delle cabine elettriche, dovranno essere eseguiti in cavo di tipo non propagante l'incendio (grado di isolamento 4) con conduttori in rame rivestiti di guaine e riempitivi speciali. Dovranno avere caratteristiche tali da garantire, in caso di incendio, la totale assenza di acido cloridrico, e un ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche.

I cavi dovranno essere costruiti secondo le Norme CEI 20-11V2, 20-35, 20-22 III, 20-37 I-II-III e 20-38.

I cavi di potenza dovranno essere del tipo unipolare mentre gli ausiliari potranno essere multipolari.

3.7 COLLEGAMENTI DI MEDIA TENSIONE

I collegamenti di media tensione tra i quadri ed i trasformatori dovranno essere eseguiti con cavi di media tensione unipolari di tipo RGSH1R/40 con sezione di 70 mmq. Essi dovranno essere conformi alle Norme CEI 20-29/20-11/20-13 e dovranno essere forniti completi di terminazioni.

3.8 QUADRI DI BASSA TENSIONE

I quadri di bassa tensione, del tipo totalmente segregato (forma 4), dovranno essere realizzati affiancando scomparti completamente normalizzati, contenenti le apparecchiature di bassa tensione, anch'esse normalizzate. Saranno progettati singolarmente, e nel loro insieme, per offrire, con la massima semplicità costruttiva, una versatilità di impiego tale da soddisfare alle più svariate esigenze di impianto. Vengono di seguito elencate le loro caratteristiche

3.8.1 *Caratteristiche tecniche*

Caratteristiche ambientali

- temperatura ambiente massima 40° C
- temperatura ambiente media (rif. 24 h) 35° C

- temperatura ambiente minima -10°C
- umidità relativa massima a 25° 90%
- installazione all'interno di un fabbricato in muratura
- altitudine s. l. m. <1000 m

Caratteristiche elettriche

- livello di isolamento nom.le 660V
- tensione di esercizio 380V
- frequenza nom.le 50Hz
- sistema elettrico trifase + neutro
- tensione di tenuta a 50 Hz per 1 min.:
 - circuiti di potenza 2,5 kV
 - circuiti ausiliari 2 kV
- corrente nom.le sbarre principali:
 - per quadri con Trafo fino a 315 kVA 500 A
 - per quadri con trafo da 800 kVA 2000 A
- corrente ammissibile di breve durata per 1 sec:
 - per quadri con Trafo fino a 315 kVA 24 kA
 - per quadri con trafo da 800 kVA 50 kA
- corrente dinamica di cresta:
 - per quadri con Trafo fino a 315 kVA 50 kA
 - per quadri con trafo da 800 kVA 100 kA
- tensione nom.le circuiti aux 220V-50Hz

Rispondenza a norme tecniche e leggi antinfortunistiche

Per quanto non espressamente precisato nel presente Capitolato, i quadri dovranno essere rispondenti alle seguenti norme:

- CEI 17-13/1 fasc. 1433 – “Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT)”
- IEC 439 e succ. varianti - "Low voltage switchgear and controlgear assemblies"
- D.P.R. 547 del 27/4/55 e successive integrazioni.

Dovranno inoltre, in generale, soddisfare le seguenti caratteristiche:

- impiego di materiali isolanti ad alto grado di autoestinguibilità e completa segregazione metallica tra i singoli scomparti, per impedire il diffondersi di incendi;
- messa a terra franca di tutta la struttura del quadro e dei componenti estraibili per tutta la corsa di sezionamento od inserzione;
- protezioni IP20 dopo la traslazione degli interruttori estraibili o sezionabili;
- isolamento in aria di tutte le parti in tensione;
- una serie di blocchi meccanici ed elettromeccanici;

- accessibilità agli apparecchi ed ai circuiti senza pericolo di contatti con i componenti in tensione;
- accurata scelta dei materiali isolanti impiegati in base a caratteristiche di bassa emissione di fumi.

Gli scomparti dovranno comunque essere forniti completamente montati e provati.

3.8.2 *Caratteristiche costruttive e composizione*

Composizione e suddivisione del quadro

I quadri saranno costituiti da scomparti affiancati e completamente chiusi.

La modularità degli scomparti e dei vari componenti dovrà consentire eventuali futuri ampliamenti sui due fianchi.

I vari scomparti dovranno essere completamente segregati fra di loro e saranno a loro volta compartimentati in celle elementari metallicamente segregate le une dalle altre in modo da impedire la propagazione di eventuali archi interni.

Caratteristiche principali

Struttura metallica

Ogni quadro dovrà essere composto da scomparti affiancati ed imbullonati tra loro.

Ogni scomparto dovrà essere una unità indipendente, costituita da una struttura autoportante in lamiera di acciaio (Fe PO1-UNI5866), spessore 20-30/10 mm. La struttura sarà composta da elementi normalizzati, provvisti di forature modulari, assiemati tra loro mediante punti elettrici e viti speciali che ne garantiscono robustezza e continuità elettrica.

Su tale struttura dovranno essere applicate le chiusure laterali e posteriori in lamiera, le portelle anteriori, i setti di compartimentazione e segregazione ed i supporti metallici per i diversi apparecchi.

Lo spessore minimo della lamiera d'acciaio per tali elementi non dovrà essere inferiore a 20/10 di mm.

Gli scomparti dovranno essere suddivisi nelle seguenti zone:

- zona anteriore riservata alle celle interruttori, agli strumenti di misura e/o protezioni ed ai servizi ausiliari; tale zona è suddivisa in celle individuali, chiuse metallicamente su tutti i lati, con dimensioni modulari in funzione delle apparecchiature da alloggiare;
- prima zona posteriore, contenente le sbarre di derivazione e le connessioni in sbarra agli interruttori;
- seconda zona posteriore, riservata alle connessioni di potenza degli interruttori che sono di solito realizzate in cavo.

Interruttori

Gli interruttori dovranno essere opportunamente coordinati tra di loro in modo da garantire la selettività e la protezione dei circuiti e dovranno essere tarati secondo quanto indicato negli schemi di progetto. Inoltre:

- gli interruttori generali dovranno essere di tipo scatolato in esecuzione estraibile;
- gli interruttori di utenza dovranno essere di tipo scatolato in esecuzione fissa;

- gli interruttori che alimentano i circuiti di cabina dovranno essere di tipo modulare in esecuzione fissa.

Il potere di interruzione di quelli automatici dovrà essere almeno uguale alla corrente di corto circuito trifase così stabilita:

per trasformatori da 125 a 315 KVA: 24 KA.

Eccezioni: In alcuni casi il potere di

interruzione dell'interruttore automatico potrà essere inferiore alla corrente di corto circuito di cui sopra se a monte esiste un dispositivo:

- che abbia un potere di interruzione corrispondente alla corrente di corto circuito suddetta (filiazione);
- che limiti l'energia specifica passante (I_t) a un valore inferiore a quello ammissibile dall'interruttore automatico e dai conduttori protetti.

Sbarre principali e derivazioni

Le sbarre principali e le derivazioni dovranno essere in piatto elettrolitico di rame nudo (ETP UNI 5649-71) a spigoli arrotondati. Saranno opportunamente dimensionate ed ammarate per sopportare le sollecitazioni termiche ed elettrodinamiche conseguenti alle correnti di corto circuito.

Isolamento e supporti sbarre

L'isolamento dovrà essere completamente realizzato in aria; i supporti sbarre dovranno essere realizzati mediante elementi componibili stampati, in materiale isolante autoestinguente, che presenti elevata resistenza meccanica e caratteristiche antitraccia.

Segregazioni

Ogni quadro dovrà essere realizzato con segregazioni metalliche tra

- la zona sbarre e la zona cavi,
- l'entrata e l'uscita degli interruttori,
- tutte le celle cavi.

Dovrà sempre essere possibile accedere alla zona cavi di un interruttore senza togliere tensione dal quadro.

Aerazione

Per il raffreddamento degli interruttori dovrà essere previsto un camino ricavato sulle fiancate laterali degli scomparti.

Per il raffreddamento della zona sbarre si dovranno prevedere delle feritoie sul pannello frontale in basso e nella parte inferiore del pannello posteriore di chiusura.

Per la fuoriuscita dell'aria calda si dovranno prevedere apposite feritoie sul tetto.

Circuiti ausiliari e cablaggi

Le apparecchiature ausiliarie dovranno essere disposte in celle separate metallicamente dalle celle interruttori.

Dovrà sempre essere possibile accedere alle apparecchiature ausiliarie con il quadro in tensione. Il cablaggio interno dovrà essere realizzato con cavi di tipo flessibile non propaganti l'incendio (norma CEI 20-22) con sezioni non inferiori a:

- 1,5 mmq per i circuiti ausiliari
- 2,5 mmq per i circuiti di potenza.

Tutte le connessioni dovranno essere effettuate mediante capicorda a compressione e ciascun conduttore dovrà essere numerato con idonei contrassegni.

I conduttori dovranno essere alloggiati su apposite canalette di materiale plastico e in appositi vani all'interno degli scomparti.

Tutti i conduttori dovranno far capo a morsettiere componibili numerate. Opportune targhette, pantografate, dovranno individuare, a fronte quadro, ciascuna apparecchiatura e relativa sequenza di manovra.

Tutte le indicazioni di stato e i comandi di ogni apparecchiatura dovranno essere riportati in morsettiera per poter essere utilizzati per il telecomando ed il telecomando dal Centro Operativo.

Messa a terra

Una sbarra collettoria in rame, avente una sezione nominale di 200 mmq, dovrà percorrere longitudinalmente tutto il quadro; a tale sbarra dovranno essere collegati tutti i componenti principali.

Tutti gli elementi di carpenteria dovranno essere collegati fra loro per mezzo di viti speciali atte a garantire un buon contatto elettrico fra le parti.

Le porte dovranno essere collegate alla struttura per mezzo di treccia di rame avente sezione di 16 mmq.

Verniciatura

Il ciclo di verniciatura per i quadri di bassa tensione dovrà essere del tutto simile a quello previsto per i quadri di media tensione.

Grado di protezione

- IP40 sull'involucro esterno;
- IP20 all'interno del quadro.

Accessori

Dovranno essere fornite le seguenti serie di accessori:

- mensola di supporto leve varie e maniglie
- golfari di sollevamento
- manovella carica molle interruttori
- leva per inserimento/estrazione interruttori (n.1 per tipo)
- vernice per ritocchi punti danneggiati
- schemi e disegni di progetto

- istruzioni per installazione, esercizio e manutenzione del quadro
- targhe di identificazione scomparti
- schema unifilare sottovetro da installare in locale cabina.

Prove

Al pari dei quadri di media tensione, i quadri di bassa tensione devono essere assoggettati a prove di collaudo. Verranno eseguite:

- Prove di accettazione
 - prova di tensione a frequenza industriale dei circuiti di potenza
 - prova di tensione dei circuiti ausiliari
 - prova di funzionamento meccanico
 - prova dei dispositivi ausiliari
 - verifica dei cablaggi
 - controllo dell'intercambiabilità dei componenti estraibili e degli altri componenti identici fra loro per costruzione e caratteristiche.
- Prove di tipo
 - L'Appaltatore dovrà produrre copia dei certificati relativi alle prove di tipo realizzate da un laboratorio indipendente attestanti la rispondenza del quadro e delle apparecchiature alle Norme sopracitate.
 - In particolare è richiesta dimostrazione delle seguenti prove:
 1. prova per la verifica dei limiti di sovratemperatura
 2. prova per la verifica delle distanze in aria e superficiali
 3. prova per la verifica della tenuta di corto circuito del circuito principale per un valore non inferiore a 40kA/1S
 4. prove per la verifica della tenuta al corto circuito del circuito di protezione (CEI 17-1311)
 5. prova per la verifica dei guasti di protezione.

Prescrizioni particolari

- Gli arrivi dai trasformatori di potenza e dai gruppi elettrogeni saranno in cavo unipolare
- le partenze saranno in cavo multipolare.

Tensioni ausiliarie

- 220V c.a. per comandi e protezioni
- 220V c.a. per alimentazioni motori carica molle interruttori

- 220 V c.a. per resistenze anticondense.

3.19 ILLUMINAZIONE NEGLI SVINCOLI

3.19.1 *Apparecchi di illuminazione*

L'apparecchio di illuminazione, in classe II, sarà costituito da un'armatura stradale IP55 con corpo in alluminio pressofuso e carenatura per protezione completa del riflettore. Il riflettore sarà in alluminio di elevata purezza. L'apparecchio, per lampada vapori Na alta pressione da 250W (SAP 250W), sarà equipaggiato con piastra per ausiliari elettrici asportabile, coppa di chiusura in plexiglas trasparente, verniciatura monocolora poliuretanica.

Sarà inoltre dotato di:

- lampada a vapori di sodio alta pressione ellissoidale con bulbo diffondente da 250W di potenza, 27.000 lumen, attacco E40.;
- alimentatore per lampada al sodio ad alta pressione, in custodia stagna, rifasato, per esterno, da 250W 220V;
- Accenditore per lampada vapori di sodio ad alta pressione per esterni, da 250W;
- Starter per lampada a vapori di sodio;
- portalampada attacco E40 in porcellana.

3.19.2 *Sostegni per apparecchi*

Pali

I pali saranno in acciaio, rastremati ed alti almeno 10m fuori terra, installati in plinti, predisposti e completi, all'estremità, di una base per l'ancoraggio dei proiettori equipaggiata di snodo per l'orientamento.

Il blocco di fondazione sarà in CLS dosato a 250kg di cemento tipo 3,25 per metri cubi di impasto. Si dovrà prevedere, come da disegni allegati, l'esecuzione del foro di incastro del palo e la posa di un tubo in PVC \varnothing 80-100mm per l'ingresso dei cavetti. Il tutto verrà dimensionato ed eseguito secondo le disposizioni impartite dalla D.L.

Sbracci a parete nei sottopassi

Nei sottopassi verranno forniti e montati sbracci a parete in acciaio completi, all'estremità, di una base per l'ancoraggio dei proiettori equipaggiata di snodo per l'orientamento.

3.19.3 *Variatori di tensione 380V/30kVA – fasi indipendenti*

Inserito su reti di illuminazione con lampade a scarica, il variatore (in numero di tre) dovrà consentire di:

- a) stabilizzare la tensione di uscita con elevata precisione (variazione massima di $\pm 1\%$), con una variazione della tensione nominale di rete in ingresso di $\pm 10\%$, in ogni condizione di utilizzo (variazione pilotata) della tensione di uscita da 220V a 175V. Dal momento che una variazione della tensione nominale del 5% determina una maggiorazione della potenza assorbita dalle lampade del 20%, con la stabilizzazione si otterrà:

- una economia di energia
- una maggiore durata delle lampade
- b) permettere l'accensione degli impianti a tensione intermedia (205V) e quindi risparmiare la maggiore potenza assorbita dagli impianti in questa fase che, alla tensione nominale di 220V, avrebbe un incremento di oltre il 30%.
- c) variare, seguendo il ciclo termodinamico delle lampade, la tensione e quindi la potenza elettrica e la potenza luminosa delle lampade.

La variazione di tensione prevista da 220V a 175V (per lampade al sodio alta pressione) consente una regolazione:

- della potenza elettrica dal 100% al 55%;
- della potenza luminosa dal 100% al 50%.

La variazione di tensione prevista da 220V a 196V (per lampade Hg a Bulbo Fluorescente) consente una regolazione:

- della potenza elettrica dal 100% al 73%;
- della potenza luminosa dal 100% al 60%.

La macchina sarà allocata in un contenitore in acciaio inox a struttura modulare con golfari di sollevamento.

Le principali caratteristiche:

- insensibilità alle variazioni di carico;
- rendimento a pieno carico >98%;
- frequenza nominale 50Hz;
- distorsione armonica <0,2%;
- velocità di regolazione > 40 ms/V;
- precisione della tensione in uscita $\pm 1\%$;
- fattore di potenza qualsiasi;
- temperatura ambiente da 0 a 40 °C;
- deriva termica < 0,02%/°C;
- grado di protezione IP30.

La possibilità di sovraccarico, senza alcun danno, sarà fino a 10 volte la potenza nominale per 10ms e fino a 5 volte la potenza nominale per 10s.

Il tempo medio fra i guasti sarà non inferiore a 500.000 ore.

L'apparecchio dovrà essere costruito in base alle norme IEC 439 e CEI 17-13 e sarà dotato, inoltre, di:

- lampada spia su ogni fase;
- voltmetro con commutatore per la lettura della tensione di ingresso e di uscita;
- fusibili di protezione dei circuiti ausiliari;
- potenziometro per regolare entro il $\pm 5\%$ il valore della tensione stabilizzata.

Un armadio in acciaio inox (dimensioni: LxPxH = 1000x600x1300 mm) IP 65 conterrà il variatore di tensione ed il quadro elettrico con:

- n. 1 interruttore generale magnetotermico 4x63A;
- n. 4 partenze con interruttore magnetotermico 4x16 A.

Sino a che non sia intervenuto, con esito favorevole, il collaudo definitivo, la manutenzione verrà eseguita a cura e spese dell'Appaltatore.

Questi, anche in presenza di traffico sulla strada già in esercizio, eseguirà la manutenzione arrecando il minimo turbamento possibile al traffico medesimo, provvedendo a tutte le segnalazioni provvisorie necessarie alla sicurezza del traffico ed osservando sia le disposizioni di legge sia quelle prescrizioni che dovesse dare la Direzione Lavori, il concessionario o proprietario dell'opera, a tutela della circolazione o dell'incolumità pubblica.

Per gli oneri eventualmente derivanti l'Appaltatore non avrà alcun diritto a risarcimento o rimborso e sarà altresì responsabile, in sede civile e penale, dell'osservanza di tutto quanto specificato nel presente articolo.

Per tutto il periodo corrente tra l'esecuzione ed il collaudo, e salve le maggiori responsabilità sancite dall'Art. 1669 del C.C., l'Appaltatore sarà garante delle opere e delle forniture eseguite; resteranno a suo esclusivo carico le riparazioni, sostituzioni e ripristini che si rendessero necessari.

Durante questo periodo l'Appaltatore curerà la manutenzione tempestivamente e con ogni cautela, provvedendo, di volta in volta, alle riparazioni necessarie, senza interrompere il traffico e senza che occorran particolari inviti da parte della Direzione dei Lavori. Quest'ultima, eventualmente, a suo insindacabile parere, potrà richiedere che la prestazione venga svolta con lavoro notturno.

Ove l'Appaltatore non dovesse provvedere nei termini prescritti dalla Direzione dei Lavori, si procederà d'ufficio, e la spesa gli verrà addebitata.

Per tutte le opere e gli impianti oggetto del presente Appalto la garanzia, e la manutenzione stessa nel periodo di garanzia, avrà la durata prevista in contratto. Durante questo periodo restano a carico dell'Ente Appaltante solo le forniture di quei materiali che, normalmente, e comunque ad insindacabile giudizio dell'Ente Appaltante medesimo, hanno vita media, o garanzia di origine, inferiore al periodo di manutenzione previsto. Restano altresì a carico dell'Ente Appaltante i materiali di consumo ordinario (combustibili, oli ecc.).

La manutenzione dovrà essere eseguita dall'Appaltatore sulla base di un "programma preventivo di manutenzione" da sottoporre all'approvazione della D.L. . Esso dovrà tenere apposite "schede di manutenzione" dei singoli gruppi di impianti sulle quali verranno registrati tutti gli interventi effettuati . Tali schede, unitamente al programma, verranno verificate periodicamente dalla D.L.

Tale verifica, a garanzia della buona esecuzione di quanto previsto, verrà eseguita in due fasi :

- la prima (prima verifica), nell'ultimo trimestre del primo anno decorrente dalla data del certificato di ultimazione dei lavori ;
- la seconda (verifica definitiva) nell'ultimo trimestre dell'ultimo anno di garanzia/manutenzione prevista, sempre decorrente dalla data del certificato di ultimazione dei lavori.

Sia nella prima che nella seconda verifica si dovrà accertare che i lavori eseguiti, i materiali impiegati e le funzionalità degli impianti siano in tutto conformi a quanto precisato nel contratto, nei suoi allegati e nel Capitolato.

In particolare in entrambe le citate fasi si dovranno ripetere i controlli prescritti per il collaudo tecnico di verifica provvisoria e si dovrà verificare che:

- siano state osservate le norme tecniche generali CEI - UNEL e le norme antiinfortunistiche vigenti e/o eventualmnte emanande prima della emissione del certificato di ultimazione lavori ;
- gli impianti e i lavori siano rispondenti in tutto alle richieste e prescrizioni richiamate dagli articoli di Capitolato ed a tutte le norme alle quali in esso si fa riferimento ;

- i materiali impiegati nell'esecuzione degli impianti siano conformi ai campioni a suo tempo presentati per l'approvazione ;

Per tutte le prove e le verifiche da effettuarsi in corso d'opera, in garanzia/manutenzione dopo l'ultimazione dei lavori e nei collaudi previsti, l'Appaltatore è obbligato a mettere a disposizione apparecchiature e strumenti adatti per tutte le misurazioni necessarie, su richiesta del personale addetto ai controlli, a sua completa cura e spese.

Per tutto il periodo intercorso tra la data di ultimazione lavori e quella della seconda fase della verifica tecnica, l'Appaltatore dovrà garantire il buon funzionamento degli impianti e di tutte le apparecchiature da lui fornite ed installate.

Tale garanzia comprende l'obbligo da parte dell'Appaltatore di riparare tempestivamente tutti i guasti e le imperfezioni che si manifestassero negli impianti e nelle apparecchiature per qualsiasi motivo.

Per tutte le manutenzioni poste a suo carico, qualora l'Appaltatore medesimo non provveda ai relativi adempimenti, l'Ente Appaltante si riserva, comunque ed in ogni caso, di procedere alla diretta esecuzione d'ufficio, in danno dell'appaltatore, ai sensi dell'art. 341 della legge n. 2248/1865 all. F e degli artt. 27 e 28 del Regolamento n. 350/1895, qualora ritenga, a suo insindacabile giudizio, che la mancata manutenzione potesse provocare pregiudizio alle opere.

Qualora, inoltre, nel periodo compreso tra l'ultimazione dei lavori ed il collaudo, si verificassero delle anomalie agli impianti, per fatto estraneo alla buona esecuzione dei lavori, l'Appaltatore ha l'obbligo di notificarle tempestivamente, e comunque entro cinque giorni dal loro verificarsi, all'Amministrazione ed alla Direzione dei Lavori affinché questi possano procedere alle necessarie contestazioni.

L'Appaltatore sarà tenuto comunque a riparare tempestivamente anche questi eventuali guasti, ed i relativi lavori verranno contabilizzati applicando, ove previsti, i prezzi di Elenco. In casi di particolare urgenza l'Amministrazione e/o la Direzione dei Lavori si riservano la facoltà di ordinare che detti lavori vengano effettuati anche di notte.

3.21 ULTERIORI ONERI E FORNITURE A CARICO DELL'APPALTATORE

Oltre quanto sopra specificato dovranno essere forniti in opera tutti quegli accessori, e qualunque onere, pur non esplicitamente elencato o non risultante nei dettagli di montaggio o costruzione, necessari per consegnare gli impianti finiti, a perfetta regola d'arte, funzionanti e comunque conformi alle normative vigenti.

In particolare saranno a carico dell'Appaltatore i calcoli statici dei basamenti e la verifica delle strutture di sostegno dei corpi illuminanti. Per le lampade inoltre, qualora queste venissero utilizzate in corso d'opera per l'illuminazione dei cantieri sia nell'esecuzione degli impianti che in quella delle opere civili, dovrà essere predisposto un sistema di rilievo del tempo di funzionamento. All'atto della consegna provvisoria e, quindi, dopo il collaudo tecnico provvisorio dell'intero impianto o di parte di esso, l'Appaltatore sarà tenuto, a sue spese, alla sostituzione delle lampade che avessero raggiunto o superato le 5.000 ore di funzionamento.

4.0 NORMATIVA SPECIFICA DI RIFERIMENTO

Le opere e forniture dovranno rispondere alle:

- Prescrizioni di legge in materia (italiane o CEE):
 - D.P.R. 27/4/1955, n.547 e successive integrazioni;
 - Legge n. 46 del 5 marzo 1990 – Norme per la sicurezza degli impianti;

- D.P.R. 6/12/1991, n.447 – Regolamento di attuazione della Legge 46 in materia di sicurezza degli impianti;
- D.L. 46/90 – Disciplina per gli impianti elettrici;
- Prescrizioni degli enti preposti al controllo degli impianti nella zona in cui si effettuerà il lavoro ed in particolare: Vigili del Fuoco, ENEL, USL;
- Norme del Comitato Elettrotecnico Italiano (CEI) e progetti di Norme CEI in fase di inchiesta pubblica, in vigore alla data di aggiudicazione ed anche prima dell'ultimazione dei lavori, qualora prescritte inderogabilmente.

In particolare:

- Norma CEI 11.1 - Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica – Norme generali;
- Norma CEI 11.8 - Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica – Impianti di terra;
- Norma CEI 11-17 - Impianti di produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica – Linee in cavo;
- Norma CEI 13-4 - Complessi di misura dell'energia elettrica;
- Norme CEI 13-6 e 13-10 - Strumenti di misura elettrici ad azione diretta e relativi accessori;
- Norma CEI 13-11 - Strumenti di misura elettrici registratori ad azione diretta e relativi accessori;
- Norme CEI 16-1, 16-2, 16-3, 16-4 - Contrassegni dei terminali ed altre identificazioni;
- Norma CEI 17-1 - Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1000V, con successive varianti;
- Norma CEI 17-3 - Contattori destinati alla manovra di circuiti a tensione non superiore a 1000V in c.a.
- Norma CEI 17-4 - Sezionatori e sezionatori di terra a corrente alternata a tensione superiore a 1000V;
- Norma CEI 17-5 - Interruttori per corrente alternata e tensione nominale non superiore a 1000V;
- Norma CEI 17-6 - Apparecchiature prefabbricate con involucro metallico, per tensione da 1 a 72,5 kV;
- Norma CEI 17-9 - Interruttori di manovra e sezionatori di manovra sezionatori per corrente alternata e per tensioni superiori a 1000V con successive varianti;
- Norme CEI 17-12 e 17-14 - Apparecchi ausiliari per tensioni non superiori a 1000V;
- Norma CEI 17-13 - Apparecchiature costruite in fabbrica ACF (Quadri Elettrici) per tensioni non superiori a 1000V in corrente alternata (compresa variante - fascicolo S/605);
- Norma CEI 21-4 - Accumulatori elettrici alcalini;
- Norme CEI 21-6 - Accumulatori elettrici per impianti fissi;
- Norme CEI 32-3 e 32-4 - fusibili limitatori di corrente per tensioni superiori a 1kV;
- Norme CEI 38-1 e 38-2 - Trasformatori di corrente per misura e protezione. Trasformatori di tensione per misura e protezione;

- Norme CEI 41-1 - Relè elettrici (a tutto o niente e di misura) - Norme generali;
- Norma CEI 64.8 - Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1000V c.a. e a 1500V c.c.;
- Norma CEI 81-1 (1995) – Protezione di strutture contro i fulmini;
- Norma CEI del CT 20 (cavi di terra e per energia): tutti i fascicoli applicabili;
- tutte le altre norme richiamate di volta in volta nel testo;
- Decreti Ministero dell'Interno sulle norme di sicurezza antincendio per le esistenti attività.
- Norma UNI 10380 (1994) - Illuminazione di interni con luce artificiale.
- Norma UNI 9795 (1991) - Sistemi fissi automatici di rilevazione e di segnalazione manuale di incendio.
- Decreto 11 gennaio 1988 - Norme di prevenzione degli incendi nelle Metropolitane.
- AIPCR (PIARC) XVIII - XIX e XX CONGRES MONDIAL DE LA ROUTE: Tunnels Routier.
- IES - Raccomandazioni per illuminazione in galleria.
- D.L. 46/90 - Disciplina per gli impianti elettrici.
- Circolare ANAS 08-09-1999 - “Direttive per la sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali”. Circolare non ancora operativa – andrà in vigore, a breve con qualche adeguamento tecnico.
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 06-12-1999 - “Sicurezza della circolazione nelle gallerie stradali con particolare riguardo al trasporto di merci pericolose”, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana del 09-03-2000.
- Circolare interministeriale n. 2.000/63 del 25-8-2000 relative alla sicurezza nei tunnel della rete stradale nazionale francese.
- Direttive RABT – Edizione 1994 per l'equipaggiamento e l'esercizio dei tunnel stradali.
- Norme Internazionali – IEC 439.
- normativa specifica sulle apparecchiature utilizzate.

5.0 MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE OPERE

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti in conformità alle previsioni di progetto secondo le prescrizioni della Direzione dei Lavori, e comunque a perfetta regola d'arte.

5.1 SCAVI

Gli scavi devono essere eseguiti a mano o con idonee attrezzature, su qualunque tipo di terreno o pavimentazione e, per quanto possibile a pareti verticali, devono corrispondere alle dimensioni commissionate. L'Appaltatore deve porre particolare cura al fine di evitare franamenti e danni, provvedendo, ove occorra, alla messa in opera di idonee cassetture.

Nessun maggior compenso verrà riconosciuto all'impresa per presenza di puddinga o di macigno, né per l'esistenza palese o celata nel terreno di vecchie mura, fondazioni, canali, fognature, ecc.

Prima di procedere agli scavi l'Appaltatore deve eseguire, a propria cura e spese, e previo accordo con l'Amministrazione, i sondaggi necessari per rilevare l'eventuale presenza nel sottosuolo di manufatti, condutture, cavi o altri servizi che possano ostacolare i lavori.

In caso di danni riscontrati o provocati a condutture o servizi, questi dovranno essere segnalati immediatamente agli Enti interessati, per gli interventi del caso; di tali segnalazioni deve essere data in pari tempo notizia alla Direzione dei Lavori.

In caso di scavi in galleria, negli attraversamenti di muri, passi pedonali e carrai, ecc. e quando gli scavi corrano parallelamente ed a breve distanza da muri o fondazioni, l'Appaltatore deve prendere tutti i provvedimenti atti a garantire la stabilità delle opere preesistenti.

L'Appaltatore deve collocare regolarmente lungo la trincea il materiale scavato, lasciando una banchina praticabile almeno da un lato.

E' a carico dell'Appaltatore lo spostamento provvisorio o la rimozione di manufatti, ostacoli e relitti che non richiedano l'intervento diretto dei proprietari, previa autorizzazione degli stessi.

La prima parte del rinterro, per uno spessore minimo di 20cm deve essere eseguita con terreno omogeneo e privo di pietre. La successiva parte deve essere di norma effettuata in più strati, dello spessore massimo di 30 cm, ciascuno con il materiale proveniente dallo scavo, o, quando ciò sia espressamente richiesto, con materiale inerte. Questi materiali devono essere fortemente compressi, ed eventualmente invasati, in modo da evitare cedimenti.

5.2 RIFACIMENTO DI PAVIMENTAZIONI STRADALI

Il rifacimento delle pavimentazioni deve essere effettuato secondo quanto stabilito dagli Enti proprietari, ai quali spetta il collaudo quantitativo dei lavori.

L'Appaltatore è tenuto a rimettere in sito i cippi, i segnali ed i cartelli indicatori rimossi nel corso dei lavori; è tenuto altresì, salvo disposizioni contrarie, al ripristino della segnaletica orizzontale.

L'Appaltatore effettuerà con tempestività, a sue cure e spese per un periodo di dodici mesi dalla data di ultimazione dei lavori, gli interventi resi necessari per eventuali cedimenti o rotture delle pavimentazioni rifatte.

5.3 SOSTEGNI E STAFFE

La posa in opera dei sostegni deve essere eseguita curando che, ove richiesto, essi risultino allineati e comunque perfettamente verticali; la responsabilità di tale allineamento è in ogni caso dell'Appaltatore.

L'introduzione dei sostegni nei blocchi di fondazione precostituiti deve avvenire dopo che il calcestruzzo abbia raggiunto un sufficiente grado di indurimento. L'interstizio fra palo e blocco va riempito di norma con sabbia molto fine ed umida, costipandola il più possibile. Superiormente, per un'altezza di cm 10 circa, deve essere effettuata la sigillatura con malta di cemento, previa rimozione dei cunei in legno impiegati per la verticalità dei pali.

Le parti metalliche dei sostegni, eventualmente a contatto con il terreno, devono essere protette mediante collari di calcestruzzo, nastratura anticorrosiva od altri metodi equivalenti fino a 30 cm sopra il piano di campagna.

Le staffe a muro devono essere fissate mediante tasselli ad espansione o dispositivi equivalenti, approvati dalla Direzione Lavori.

5.4 POSA IN OPERA DI CONDUTTORI IN CAVO

I cavi interrati dovranno correre ad una profondità minima di 60 cm sotto il piano stradale, entro idonei cavidotti di protezione. Durante la posa dei cavi l'Appaltatore dovrà evitare brusche piegature, schiacciamenti, raschiature, rigature e stiramenti della guaina.

E' vietato annegare direttamente i cavi nelle murature, anche per brevi tratti. Gli attraversamenti di strutture murarie vanno esclusivamente effettuati previa posa di idonee tubazioni di protezione. La trazione del cavo va di regola eseguita a mano distribuendo opportunamente il tiro. E' concesso l'uso di mezzi meccanici solo previo benestare della Direzione dei Lavori.

I parallelismi e gli incroci con cavi e condutture sotterranee devono essere effettuati osservando le distanze minime e gli accorgimenti indicati dalla Direzione dei Lavori. Ove richiesto dovrà essere eseguito un manufatto composto da sottofondo, formato da una platea dello spessore di cm 10 che deve essere convenientemente armato nei punti in cui il fondo dello scavo non dia sufficienti garanzie di stabilità. Lo spessore del calcestruzzo, lateralmente e superiormente al fascio di tubi, deve essere di almeno 5 cm; la parte superiore del manufatto va modellato spiovente.

I cavi sospesi devono essere agganciati a fune di acciaio, del diametro non inferiore a mm. 5 ed i collegamenti tra detta fune e gli occhioli fissi, nei muri, devono essere fatti, con interposte apposite redance, con morsetti a vite o con altro sistema sulla cui adozione dovrà esprimersi insindacabilmente la Direzione dei Lavori.

La sospensione dei cavi alla fune di acciaio verrà eseguita mediante apposite fascette in lamiera, con interdistanze di 20-25 cm.

L'eventuale ancoraggio degli occhioli su pareti esistenti deve essere eseguito a mezzo di adatti ganci in ferro da inserire nella muratura con cemento a rapida presa. Il lavoro di ripristino della muratura dell'intonaco e della tinta sarà a carico dell'Appaltatore ed è compreso forfettariamente nei prezzi unitari dei singoli lavori.

Le morsettiere da montare all'interno dei pali dovranno essere del tipo "Omicron" o simile con portino di ispezione in metallo e basetta portamorsetti in porcellana o stearite con porta fusibili.

Ad opere ultimate l'Appaltatore deve provvedere, con mezzi e personale proprio, all'ispezione ed alla pulizia delle tubazioni.

5.5 CANALIZZAZIONI METALLICHE

Le canalizzazioni metalliche per l'alloggiamento dei conduttori e per la sospensione dei corpi illuminanti saranno in lamiera di acciaio inox corredate da morsetti per il collegamento a terra. Nelle giunzioni dovrà essere garantita la continuità elettrica.

5.6 TRASPORTO MATERIALE DI RISULTA ALLE PUBBLICHE DISCARICHE

Per quanto riguarda il trattamento dei rifiuti solidi urbani e di quelli ad essi assimilabili provenienti dai cantieri oggetto dell'appalto, l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese a conferirli, per lo smaltimento, presso una discarica autorizzata.

6.0 QUALITÀ E PROVENIENZA DI MATERIALI E APPARECCHIATURE

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito da leggi e regolamenti ufficiali in materia; in mancanza di particolari prescrizioni, tali materiali dovranno essere della migliore qualità esistente in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni dell'art. 21 del Capitolato Generale delle Opere Pubbliche n° .

I materiali provverranno da località o fabbriche che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché rispondenti ai requisiti di cui sopra.

Ciascun materiale od apparecchiatura dovrà essere corredato da una scheda riportante marca, tipo e caratteristiche anche dei singoli componenti, loro rispondenza alle relative Norme Vigenti e numero di catalogo, per permettere la loro immediata individuazione ed acquisto in caso di avaria. In particolare tutte le apparecchiature dovranno riportare dati di targa ed eventuali istruzioni d'uso secondo la simbologia CEI ed in lingua italiana.

La Stazione Appaltante si riserva di effettuare in qualsiasi momento controlli e collaudi sia sulle apparecchiature che sui materiali, all'atto della fornitura o in corso d'opera, a verifica della corrispondenza sostanziale tra requisiti e materiali utilizzandi o utilizzati.

Nel caso in cui alcuni materiali venissero forniti direttamente dall'Ente appaltante, l'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire controlli sulla loro idoneità all'impiego, restando egli stesso il solo responsabile circa la loro qualità.

In ogni caso la scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o la scelta fra diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta di volta in volta dall'Ente appaltante e dalla Direzione Lavori i quali si assicureranno che i materiali provengano da produttori di provata capacità e serietà.

Gli strumenti necessari per eseguire prove e collaudi, nonché le relative spese, saranno a totale carico dell'impresa.

Il tipo di tali strumenti dovrà essere comunicato preventivamente alla Stazione Appaltante che concorderà con l'impresa le modalità di controllo.

In ogni caso, prima della posa in opera, i materiali dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori, la quale, in particolare per le apparecchiature elettriche, potrà richiedere il collaudo preso uno dei laboratori autorizzati in conformità alle norme CEI, UNEL, ENPI, ISPESL e VV.FF.

Devono inoltre risultare adatti all'ambiente in cui verranno installati e presentare caratteristiche tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o derivanti dall'umidità alla quale possono essere esposte durante l'esercizio.

L'accettazione della fornitura è, naturalmente, subordinata all'esito positivo dei controlli e dei collaudi; in caso contrario, e qualora possibile, l'impresa avrà l'obbligo di eseguire, nel periodo messo a disposizione dalla D.L., le modifiche necessarie. La Stazione Appaltante si riserva il diritto di chiedere la sostituzione delle apparecchiature concedendo un ragionevole termine; trascorso inutilmente tale periodo, o se nuove prove dovessero dare esito negativo, la fornitura potrà essere definitivamente rifiutata.

In tal caso, l'Impresa dovrà sostituirla con altra fornitura che corrisponda alle caratteristiche richieste ed i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali e dalle apparecchiature stesse.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno inoltre corrispondere ai requisiti minimi qui di seguito fissati.

6.1 CONDIZIONI GENERALI SU CAVI E CONDUTTORI

I cavi posati in uno stesso cavidotto (tubazione o canalina) devono essere adatti a tensioni nominali identiche. Qualora, per esigenze installative, si fosse obbligati a posare dei cavi con caratteristiche di tensione nominale inferiori in un cavidotto ove sono presenti cavi con caratteristiche di tensione nominale maggiore, occorre uniformare detto cavo alla tensione superiore.

I conduttori impiegati nella esecuzione degli impianti devono essere contraddistinti dalle colorazioni previste dalle tabelle di unificazione vigenti (CEI-UNEL 00722-74 e 00712). In particolare i conduttori di neutro e protezione verso terra devono essere contraddistinti inderogabilmente con i colori blu chiaro e giallo-verde. I conduttori di fase devono essere contraddistinti, in modo univoco per tutto l'impianto, dai colori: nero, grigio (cenere) e marrone. Non è ammessa nastratura.

Le sezioni dei conduttori, calcolate in funzione della potenza impegnata e della lunghezza dei circuiti, devono essere scelte tra quelle unificate. In ogni caso non dovrà mai essere superata, in esercizio, il valore delle potenze ammesse. Le sezioni minime ammesse sono:

- 1,5 mmq per circuiti di segnalazione e telecomando
- 2,5 mmq per circuiti di forza motrice e luce.

Le cadute di tensione lungo linea saranno comunque tali da garantire il perfetto funzionamento di tutte le parti dell'impianto in qualsiasi combinazione di carico senza possibilità di danneggiamento di alcun componente.

La sezione del conduttore di neutro non deve essere inferiore a quella dei corrispondenti conduttori di fase. Per conduttori di fase superiori a 16 mmq di sezione è ammesso un conduttore di neutro di sezione ridotta, pari alla metà della sezione dei conduttori di fase, ma con un minimo inderogabile di 16 mmq. Conformità alle norme CEI 64.8/5, art. 543.1

6.2 CAVI ELETTRICI PER CIRCUITI DI ENERGIA

6.2.1 *Conduttori di terra*

I conduttori con funzione di dispersore longitudinale all'interno degli scavi dovranno essere costituiti da treccia o corda con conduttori di rame stagnato, se posato in ambiente zincato, non stagnato, se posato in letti naturali o tubi in PVC. La sezione dei conduttori dovrà essere conforme a quanto indicato nei disegni allegati e comunque non inferiore a quanto previsto dalle vigenti normative.

I conduttori di terra dovranno essere costituiti da corda flessibile a semplice isolamento. Il conduttore, in rame, sarà rivestito con guaina termoplastica avente caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio: ridottissimo sviluppo di fumi opachi, totale assenza di acido cloridrico, ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche e/o corrosive.

Rispondenza alle norme CEI 20-22 II, 20-37, 20-38 (CEI 20: tutti i fascicoli in quanto applicabili)

6.2.2 *Cavi isolati (per impieghi generali)*

Dovranno essere del tipo a doppio isolamento: isolati in gomma etilpropilenica di qualità G7 sotto guaina di PVC e adatti per tensione fino a 1000 V. Grado di isolamento 4 kV.

Costituiti da conduttori di rame stagnato e rivestiti internamente con guaina in PVC, risponderanno alle Norme C.E.I. 20-13 e varianti ed alle Tabelle UNEL 35355.

A garanzia di ciò, dovranno avere impresso, per tutta la loro lunghezza, il contrassegno del I.M.Q.(MIQ) con l'indicazione della loro conformità alle norme C.E.I.

6.2.3 *Cavi isolati (per impiego in cabine elettriche e in gallerie)*

Cavi non propaganti l'incendio, con isolamento elastomerico reticolato a base poliolefinica, dovranno avere grado di isolamento 4 (tipo G10 o similare).

Costituiti da conduttori in rame, saranno rivestiti con guaine e riempitivi speciali aventi caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio:ridottissimo sviluppo di fumi opachi, totale assenza di acido cloridrico, ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche e/o corrosive.

La sezione, ed il numero, dei conduttori dovrà essere conforme a quanto indicato nei disegni allegati e comunque il loro dimensionamento non potrà essere inferiore a quanto previsto dalle vigenti normative.

Dovranno essere conformi alle Norme CEI 20-11 V2, 20-35 III, 20-37 I-II-III e 20-38.

6.2.4 Cavi isolati (per illuminazione permanente in galleria)

Cavi del tipo resistenti al fuoco, saranno isolati con materiale elastomerico reticolato a base poliolefenilica ed avranno un grado di isolamento 4, (tipo RF31 o similare)

Costituiti anche questi da conduttori in rame, saranno rivestiti con guaine e riempitivi speciali aventi caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio:ridottissimo sviluppo di fumi opachi, totale assenza di acido cloridrico, ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche e/o corrosive.

Dovranno inoltre resistere per almeno 3 ore ad una fiamma con temperatura di 750°C.

Dovranno essere conformi alle Norme CEI 20-11 V2, 20-35, 20-36, 20-22 III, 20-37 I-II-III e 20-38.

6.3 CAVI PER SEGNALAZIONI, TELECONTROLLO E TRASMISSIONE DATI

6.3.1 Cavi isolati (per segnalazione e telecontrollo)

Cavi del tipo resistenti al fuoco, saranno isolati con materiale elastomerico reticolato a base poliolefenilica. Avranno un grado di isolamento 4, e saranno adatti per tensioni di esercizio fino a 1000 V

Di tipo multipolare (tipologie e sezioni come indicato negli elaborati grafici allegati), saranno costituiti da conduttori in rame stagnato, e rivestiti con guaine antifiamma e riempitivi speciali aventi caratteristiche tali da assicurare, in caso di incendio:ridottissimo sviluppo di fumi opachi, totale assenza di acido cloridrico, ridottissimo sviluppo di gas o sostanze tossiche e/o corrosive.

Dovranno inoltre resistere per almeno 3 ore ad una fiamma con temperatura di 750°C.

Dovranno essere conformi alle Norme CEI 20-11 V2, 20-35, 20-36, 20-22 III, 20-37 I-II-III e 20-38.

6.3.2 Cavi a fibre ottiche

Sono di seguito specificate le caratteristiche dei materiali e quelle costruttive necessarie per la realizzazione di cavi a fibra ottica nelle seguenti tipologie :

- cavo 6 fibre di cui:
 - 4 Monomodali 9/125 micron
 - 2 Multimodali 62,5/125 micron
- di tipo loose con tamponamento di gelatina siliconata ad assorbimento di idrogeno, dovrà essere costruito con materiale antifiamma e zero alogeni
- con cordino centrale di rinforzo in acciaio
- con protezione antiroditore in acciaio.

Per quel che riguarda le proprietà esse si dovranno essere conformi alle raccomandazioni specificate nelle Normative CCITT riferite ai vari tipi di fibra sopra descritte.

Caratteristiche fibre ottiche monomodali

Le fibre ottiche di tipo monomodale dovranno rispettare le seguenti caratteristiche ottiche :

- diametro nucleo (Core) : $9,34 \pm 0,5$ microns
- diametro mantello (Cladding) : 125 ± 2 microns
- errore di concentricità nucleo/mantello minore del 2% :
- rivestimento primario : 250 ± 15 microns
- apertura numerica : $0,12 \pm 0,02$ microns
- attenuazione massima : a 1.300 nm: $< 0,45$ db/km da 1.550 nm : $< 0,35$ db/km

Caratteristiche fibre ottiche multimodali

Le fibre ottiche di tipo multimodali dovranno rispettare le seguenti caratteristiche ottiche :

- diametro nucleo (Core) : $62,5 \pm 3$ microns
- diametro mantello (Cladding) : 125 ± 2 microns
- errore di concentricità nucleo/mantello : minore del 6%
- rivestimento primario : 250 ± 15 microns
- apertura numerica : $0,275 \pm 0,015$ microns
- attenuazione massima : a 850 nm : $< 3,5$ db/km
da 1.300 nm : $< 1,2$ db/km

Proprietà “antifiamma” e “zero alogeni”

Per quel che riguarda le proprietà del cavo “Antifiamma” e “zero alogeni” si dovrà fare riferimento alle norme :

- CEI 20-22 (Cap. III) : Norme di prova per l'accertamento delle proprietà di non propagazione d'incendio da parte di cavi elettrici;
- CEI 20-37 : Prove sui gas emessi durante la combustione di cavi elettrici “Cavi avente ridotta emissione di fumi e di gas tossici o corrosivi”.

Ed alle raccomandazioni della Standard DIN VDE 0207/24, HM4 del Marzo 1989.

Prove di collaudo e test di accettazione

Tutti i cavi saranno soggetti ad una serie finale di test e prove di collaudo, in fabbrica, definiti come “Test finali di spedizione“. Dovranno essere eseguite le seguenti prove :

- Prove di percussione: L'energia d'urto che il cavo deve assorbire senza che si producano variazioni permanenti di attenuazione deve essere di almeno 30J; per valori di energia 50J non dovrà riscontrarsi alcuna rottura di fibra (rif. Racc. CCITT G652).
- Prova di schiacciamento: Deve essere possibile sottoporre il cavo ad un carico di almeno 1200 daN/100 mm senza che si verifichino variazioni permanenti di attenuazione; per valori di carico di 2300 daN non dovrà riscontrarsi alcuna rottura di fibra (rif. IEC 794 - 1) : 1 campione per lotto.
- Prova di tiro: il cavo, mediante i suoi elementi di trazione centrale e periferico, deve essere sottoposto a trazione con un carico di 50 daN. Non si dovranno riscontrare allungamenti elastici delle fibre ottiche superiori allo 0,05% e allungamenti elastici del cavo superiori allo 0,25%: 1 campione per lotto.
- Raggio di curvatura: deve essere possibile curvare il cavo, senza riscontrare variazioni permanenti di attenuazione, con un raggio di curvatura massimo pari a venti volte il diametro esterno del cavo : 1 campione per lotto.
- Prove climatiche: l'attenuazione delle fibre ottiche, verificata mediante OTDR (riflettore ottico), a -10°C e +40°C, non dovrà discostarsi dai valori misurati a temperatura ambiente, compatibilmente con le tolleranze e/o errori dello strumento di misura; in un range di temperature da -20°C a +60°C gli incrementi di attenuazione dovranno comunque risultare inferiori a 0,10 dB/km (rif. Norme IEC): 1 campione per lotto.

6.4 CAVI PER RETI TELEFONICHE

I cavi telefonici del tipo non propaganti l'incendio, dovranno essere costituiti da conduttori in rame, rivestiti con guaina in PVC.

I conduttori dovranno avere un diametro nominale minimo pari a 0,9 mm e saranno cablati a coppie o a quarte.

La sezione dei conduttori dovrà essere conforme a quanto indicato nei disegni allegati e comunque non inferiore a quanto previsto dalle vigenti normative.

Il numero di coppie dovrà essere conforme a quanto indicato nei disegni allegati.

I cavi dovranno essere costruiti in conformità con le Norme CEI 46-5, 20-22 II.

6.5 CAVIDOTTI E PASSERELLE PORTA CAVI

6.5.1 *Tubazioni in materiale termoplastico*

Per posa a vista in galleria: dovranno essere di tipo isolante, rigidi ed a bassissima emissione di alogeni. Dovranno essere costruiti con materiale termoplastico autoestinguente, colore RAL 7035, secondo le Norme Cei 23-8.

Per posa interrata: dovranno essere del tipo ad elevata resistenza di isolamento, con pareti interne perfettamente lisce, bicchierati da un lato. Dovranno essere costruiti con materiale termoplastico a base di cloruro di polivinile, totalmente autoestinguente ed inattaccabile da acidi e da

microorganismi. Conformi alle norme CEI 23-29, saranno di tipo pesante ed in grado di sopportare 1250 Newton allo schiacciamento.

6.5.2 *Tubazioni in acciaio*

Dovranno essere di tipo “conduit” in acciaio (zincato a caldo secondo le Norme CEI 7-6), con le pareti interne completamente lisce e prive di qualsiasi asperità, per facilitare l’infilaggio dei cavi elettrici evitandone possibili abrasioni. Saranno di tipo filettato, o filettabili, e fornite complete di manicotto.

6.5.3 *Passerelle portacavi*

Dovranno essere costruite in lamiera di acciaio laminato a caldo, qualità tipo Fe P11 secondo UNI 5867/78, forata e pressopiegata. Spessore 2 mm.

Le passerelle dovranno essere del tipo con bordo rinforzato e arrotondato, (dovranno essere zincate a caldo per immersione dopo le lavorazioni in conformità alle norme CEI 7-6).

Dovranno essere fornite ad elementi modulari, taglie da 1 a 6 metri, complete di elementi di giunzione e bulloneria a testa arrotondata.

L'altezza minima del bordo dovrà essere di 60 mm, mentre la larghezza potrà variare, a seconda della necessità, da 100 a 600 mm.

Dovranno essere fornite complete di staffe, giunti, pezzi speciali e mensole di sostegno, di tipo regolabile in altezza, costruite con lamiera di acciaio dello spessore minimo di 2,5 mm.

Le staffe e le mensole di sostegno saranno (zincate a caldo, con apporti di materiale protettivo non inferiore a 525 gr/mq pari ad un rivestimento protettivo di spessore 75 micron dopo le lavorazioni, e) fornite complete di bulloneria ed accessori di fissaggio, in numero tale da soddisfare, con il massimo carico ammissibile, la seguente formula :

$$f > 0 = D/300$$

dove :

f = freccia

D = interdistanza tra due punti di fissaggio consecutivi

6.6 MATERIALI PER DERIVAZIONI

6.6.1 *Cassette di derivazione stagne per galleria*

Dovranno essere costruite in resina poliestere termoindurente autoestinguente rinforzate con fibra di vetro e dovranno soddisfare le seguenti caratteristiche :

- grado di protezione IP 65
- autoestinguenza secondo le Norme IEC 695-2-1, CEI 50-11
- elevata termostabilità ed elevata resistenza al calore normale
- isolamento contro i contatti accidentali
- elevate caratteristiche dielettriche
- elevata resistenza meccanica
- elevata resistenza agli agenti chimici e atmosferici

Complete di morsettiera di derivazione in nylon saranno dimensionate come da elaborati grafici allegati. Le cassette per gli impianti di ventilazione, in particolare, dovranno essere adatte per una tensione di esercizio di 660 V.

6.6.2 *Cabine (Cassette) di alloggiamento ed armadi di derivazione*

Saranno costruite in materiali a base di leghe di AL o in materiale termoplastico rinforzato con fibra di vetro e dovranno possedere una elevata resistenza meccanica, anche ad urti, ed un'ottima resistenza ad agenti chimici, atmosferici e calore. Corredate di supporto costituito da stanti ricavati da profilati metallici lavorati, in acciaio (zincati a caldo, qualora non adoperati in galleria) dovranno essere dotate di colonnina autoportante con intelaiatura di ancoraggio al basamento.

Tutte le cassette di alloggiamento per apparecchiature elettriche dovranno essere in esecuzione stagna con grado di protezione non inferiore ad IP54.

Corredate internamente di piastra di base, per l'alloggiamento delle apparecchiature e/o delle strumentazioni, dovranno essere predisposte per il raccordo a mezzo passacavo di tenuta e con morsettiera in nylon autoestinguente.

Le dimensioni dovranno essere tali da garantire un buono spazio interno sia per una migliore operatività sulle apparecchiature sia per consentire un corretto smaltimento termico delle sovratemperature generate dagli autoconsumi delle apparecchiature in funzionamento.

6.7 APPARECCHI ILLUMINANTI ED ACCESSORI ELETTRICI

6.7.1 *Apparecchi illuminanti*

Gli apparecchi illuminanti dovranno garantire la possibilità di sostituzione della lampada in modo rapido e semplice, senza l'impiego di attrezzature particolari: estrazione del supporto portalampada (IP63 filettato a innesto dall'esterno) mediante rotazione di circa 100 gradi, ovvero operazioni equivalenti in semplicità.

In particolare il corpo illuminante dovrà presentare condizioni perfette di:

- finitura del corpo esterno;
- brillantezza del riflettore;
- curvatura;
- cablaggio interno.

Dovrà inoltre avere garanzia di tenuta e funzionalità del passa cavo per la connessione dell'apparecchio.

6.7.2 *Lampade ed accessori elettrici*

Lampade a vapori di sodio alta pressione a bulbo chiaro (attacco E40) adatte per funzionamento orizzontale con le seguenti caratteristiche:

- potenza nominale 250 W, flusso luminoso nominale 27.000 lumen, durata nominale 12.000 ore.

Rispondenza alle norme CEI 34/24 e IEC 662.

6.8 QUADRI DI MANOVRA, CONTROLLO DISTRIBUZIONE E COMANDO MOTORI

6.8.1 *Caratteristiche costruttive*

I quadri saranno in lamiera di acciaio zincato a caldo preverniciata, con spessore di 20/10mm ed elementi normalizzati.

La circuiteria relativa ai quadri di comando verrà realizzata con cavi flessibili isolati in materiale termoplastico tipo H07V/K, sezione minima 1,5 mm² per i circuiti ausiliari e 2,5mm² per i circuiti di potenza; densità di corrente massima 2A/mm²; grado di isolamento 3000 V.

Le porte dei quadri dovranno avere cerniere invisibili e dovranno essere dotati di chiusura a chiavistello ed a chiave.

Opportune guarnizioni a tenuta garantiranno il grado di protezione richiesto

Sulle porte non dovranno essere montate apparecchiature di potenza, ma solo eventuali segnalazioni luminose (lampade spia) con tensioni non pericolose e manipolatori di circuiti ausiliari (pulsanti, selettori, ecc.).

Opportune aperture di ventilazione dovranno essere effettuate sui pannelli di chiusura, al fine di mantenere la temperatura delle apparecchiature all'interno del quadro entro i 45°C. Le apparecchiature all'interno dei quadri dovranno essere fissate su appositi profilati imbullonati alle strutture. A tale proposito ci si dovrà rigorosamente attenere, nel posizionamento degli interruttori, alle distanze di rispetto (fra interruttore ed interruttore e fra interruttore e massa metallica dei quadri) indicate dalle varie case costruttrici.

All'interno dei quadri, i collegamenti fra le varie apparecchiature ed i cavi (sia in entrata che in uscita) dovranno essere cablati in maniera ordinata e razionale dentro apposite canaline portacavi in plastica.

Tutti i cavi in uscita dovranno essere riportati su apposita morsettiera numerata.

Dovrà essere installata, all'interno dei quadri, una bandella in rame di sezione non inferiore ai 200mm² che percorrerà tutta la lunghezza del quadro ed alla quale si dovranno attestare i conduttori di terra in arrivo al quadro stesso.

I quadri dovranno essere muniti di targhe indicatrici di pericolo e di targhette (in alluminio) serigrafate, fissate con viti e riportanti le diciture per l'individuazione degli elementi di circuito a cui si riferiscono le singole apparecchiature.

Le targhette indicatrici dovranno essere costruite con materiali inalterabili nel tempo e fissate in maniera definitiva ai quadri stessi. Qualora fossero impiegati blocchi meccanici sequenziali a chiave, accanto ad ognuno di essi sarà riportata la dicitura indicativa sulla tabella esplicatrice della sequenza.

6.8.2 *Verniciatura*

La struttura metallica del quadro dovrà essere sottoposta al seguente ciclo di verniciatura:

- sgrassatura;
- decappaggio;
- bonderizzazione;
- passivazione;
- essiccazione;
- verniciatura a polvere epossidica polimerizzata a forno.

Nel caso venissero impiegate lamiere laminate a caldo (lamiere nere), la preparazione delle superfici sarà preceduta da sabbiatura.

L'aspetto delle superfici sarà goffrato, per portelle e pannelli, e semilucido satinato (lucentezza 70 gloss con Glossometro a 60 gradi) per le altre superfici.

Il punto di colore normale sarà grigio RAL 7030 tranne diversa decisione comunicata in tempo utile da parte del Committente; lo spessore minimo della finitura sarà 50 micron.

Gli accessori interni e le piastre di supporto degli interruttori saranno zincati galvanicamente e passivati gialli.

6.8.3 *Colorazioni e siglatura morsettiere*

Il colore dei conduttori di cablaggio per interno quadri sarà normalmente nero, sia per i circuiti di potenza che per quelli ausiliari in c.a. e c.c. (Norme CEI 16-4 - fascicolo 530).

Tutti i conduttori in corrispondenza delle apparecchiature e/o morsettiere saranno dotati di anellini di identificazione o di un sistema componibile equivalente.

Le morsettiere impiegate saranno del tipo componibile su guida DIN 46277/3.

Opportuni separatori distingueranno le morsettiere di potenza da quelle degli ausiliari.

6.8.4 *Apparecchiature per quadri elettrici*

Dovranno essere conformi a norme CEI - IEC - UNEL e per quanto possibile dovranno avere il marchio nazionale di qualità.

6.9 POZZETTI E CHIUSINI

Saranno del tipo in calcestruzzo prefabbricato o gettato in opera.

Saranno muniti delle forature necessarie per il passaggio delle tubazioni e dei necessari rinforzi in corrispondenza delle forature e degli angoli.

I chiusini avranno spessore minimo di 5 cm, saranno muniti di telaio di sostegno in ferro pre-zincato o in acciaio e realizzeranno, mediante apposite profilature dei bordi, un piano continuo con la pavimentazione circostante.

6.10 CABINE ELETTRICHE DI TRASFORMAZIONE E QUADRI DI mt

6.10.1 *Struttura metallica*

I quadri saranno di tipo normalizzato con scomparti modulari componibili e standardizzati; in esecuzione protetta saranno adatti per installazione all'interno.

Il grado di protezione sarà IP30 sull'involucro e IP20 sulle parti interne.

Ogni scomparto sarà composto da un telaio autoportante realizzato in profilati di lamiera pressopiegata, dello spessore di 30/10, saldata elettricamente per punti, e da pannelli e portelle di chiusura in lamiera pressopiegata, spessore 20÷30/10.

La larghezza di massima delle unità normali saranno:

- Scomparto arrivo: 500mm;
- Scomparto protezione TR con sezionatore e fusibile: 700mm;
- Scomparto cella TR: 1350mm;
- Scomparto protezione linea con sezionatore e fusibile: 700mm.

Le lamiere terminali di chiusura dei quadri dovranno di norma essere ribordate, asportabili e fissate con viti a brugola incassate; le fiancate, se di dimensioni e peso notevoli, dovranno essere munite di apposite patte di sostegno per facilitare il montaggio. Ove ciò rientri nello standard del Costruttore

potranno essere accettate lamiere piane, fissate con viti a testa svasata, sul tetto e sui fianchi purché in tal caso le lamiere siano sufficientemente rigide (o suddivise in elementi rigidi).

Gli scomparti saranno completamente segregati tra loro.

Le pareti interne di compartimentazione dovranno essere realizzate in lamiera di spessore adeguato e comunque non inferiore a 20/10mm. Per le apparecchiature più pesanti dovranno essere previsti appositi rinforzi in profilati.

La segregazione fra celle, con interposto un sezionatore rotativo, sarà ottenuta tramite la segregazione metallica realizzata dallo stesso sezionatore.

In tutti gli altri casi la segregazione sarà realizzata da diaframmi metallici adeguatamente collegati a terra.

Il fissaggio delle lamiere interne e delle apparecchiature dovrà essere fatto di norma con viti su fori filettati. I bulloni, con dado, su foro non filettato potranno essere impiegati solamente nei casi in cui detti elementi di collegamento siano facilmente accessibili, ad uno o due operatori, direttamente o mediante asportazione di una sola lamiera interna di separazione, quest'ultima a sua volta facilmente smontabile.

Le porte e tutti i pannelli frontali dovranno essere di norma montate su cerniere di numero adeguato, e dovranno essere dotate di chiusura a chiavistello con serratura a chiave tipo Yale.

Le chiusure superiori, laterali ed inferiori saranno realizzate con lamiere o pannelli asportabili per consentire interventi straordinari che richiedano l'ispezionabilità delle sbarre e dei terminali di arrivo e partenza.

Il locale di installazione del quadro, dovrà essere inteso come normale con clima e temperatura ambiente variabile fra -10°C e $+40^{\circ}\text{C}$. Dovranno essere previste, pertanto, opportune ventilazioni che, oltre a realizzare le condizioni sopra dette, soddisfino anche ad eventuali prescrizioni dei costruttori di apparecchiature: consentire, ad esempio, il libero sfogo all'esterno dei gas prodotti dagli apparecchi di interruzione ed evitare il ristagno di aria ionizzata.

Le aperture di ventilazione dei quadri dovranno essere sempre protette con retine antinsetti.

Tutte le portelle saranno provviste di oblò per il controllo visivo delle apparecchiature. Gli oblò saranno in materiale ad elevata resistenza meccanica, pari a quella delle portelle in cui sono montati, ed avranno una rete interna collegata a terra.

Ogni quadro, od elemento di quadro, che costituisce, o può costituire, un'unità a sé stante dovrà essere dotato di golfari di sollevamento avvitati; dovranno, inoltre, essere provvisti di ferri di base. Al fine di consentire i necessari aggiustamenti in opera, le strutture dei quadri dovranno essere provviste, nella parte inferiore, di asole parallele al fronte.

6.10.2 *Interblocchi*

Premesso che per accedere ad ogni singola cella si dovranno aprire le barriere solo con appositi attrezzi, si dovranno prevedere inoltre interbloccature meccaniche tra differenti parti dell'apparecchiatura sia per ragioni di sicurezza, sia per facilità di esercizio, sia per una corretta esecuzione delle sequenze di manovre.

Per le celle con interruttore a SF₆ saranno obbligatorie le seguenti manovre:

- *Messa fuori servizio:*
 1. apertura dell'interruttore;
 2. apertura del sezionatore controsbarra e contemporanea chiusura del sezionatore di terra;
 3. apertura portella.
- *Messa in servizio:*
 1. chiusura portella;

2. apertura sezionatore di terra e contemporanea chiusura del sezionatore controbarra;
3. chiusura dell'interruttore.

Per le celle misure si renderanno obbligatorie le seguenti:

- *Messa fuori servizio:*
 1. apertura del sezionatore controbarra e contemporanea chiusura del sezionatore di terra;
 2. apertura della portella.
- *Messa in servizio:*
 1. chiusura portella;
 2. apertura sezionatore di terra e contemporanea chiusura del sezionatore controbarra.

Per accedere allo scomparto di contenimento del trasformatore di potenza si renderanno obbligatorie le seguenti manovre:

- *Messa fuori servizio:*
 1. apertura dell'interruttore;
 2. apertura del sezionatore controbarra e contemporanea chiusura del sezionatore di terra;
 3. apertura della portella della cella interruttore ed apertura delle portelle dello scomparto di contenimento del trasformatore.
- *Messa in servizio*
 1. chiusura della portella dello scomparto di contenimento del trasformatore e chiusura della portella della cella interruttore in SF6;
 2. chiusura del sezionatore controbarra e contemporanea chiusura del sezionatore di terra;
 3. chiusura dell'interruttore in SF6.

6.10.3 *Altre caratteristiche generali*

Agli effetti della costruzione delle varie unità dei quadri essi dovranno essere costituiti da:

- Intelaiature portanti in lamiera di acciaio pressopiegata e saldata, integrata da profilati di supporto delle apparecchiature, predisposte per l'accoppiamento fra loro, a formare i quadri a schema, eventualmente ampliabili senza adattamenti;
- Sezionatori di controbarra, in alto, in costruzione monoblocco con isolamento in SF6;
- Diaframmi divisori interni fissi e diaframmi rimovibili, con rinvii automatici comandati dai sezionatori di controbarra per la mascheratura delle parti in tensione;
- Porte di accesso frontali in lamiera 20/10 ribordata, dotate di maniglia di chiusura, montate su cerniere e complete di blocchi meccanici e serrature con chiavi a sequenza obbligata di manovra;
- Coltelli di terra, con relativi leveraggi di manovra, e blocchi meccanici a sequenza obbligata;
- Scomparti laterali segregati, con pannelli frontali incernierati per l'alloggiamento delle manovre meccaniche dei sezionatori, delle morsettiere e dei componenti accessori;

- Scomparti superiori destinati agli strumenti ed ai relè, con portine, apribili a cerniera, dotate di serratura a chiave;
- Oblò di ispezione in polycarbonato autoestinguente sulle porte frontali degli scomparti con sezionatori o interruttori;
- Isolatori portanti e/o passanti in resina, per 24kV di esercizio, di tipo a gole;
- Barrature in piatto di rame, con giunti e derivazioni a norme CEI - Unel;
- Sbarrette di messa a terra con contatti striscianti sul carrello degli interruttori e connessioni flessibili sulle porte e sui telai mobili;
- Blocchi meccanici ed elettrici per impedire false manovre e per impedire la chiusura dei sezionatori e degli interruttori con lame di terra inserite;
- Segnalatori di tensione capacitivi sull'arrivo dei cavi e sull'uscita degli interruttori;
- Connessioni ausiliarie, porta lampade multipli da incasso, pulsanti e manipolari da incasso, targhette, morsettiere e accessori vari;
- Blocchi meccanici a chiave sui vari scomparti atti ad impedire errate manovre sulle reti dei trasformatori;
- Lampada per luce interna con relativo interruttore.

6.10.4

Caratteristiche elettriche del quadro di M.T.

- Tensione di esercizio dei circuiti principali 5,5 o 20 kV
- Tensione nominale dei circuiti principali 12 o 24 kV
- Classe di isolamento 12 o 24 kV
- Frequenza nominale 50 Hz
- Portata delle sbarre omnibus 800 A
- Portata delle derivazioni 800 A
- Corrente di corto circuito sulle sbarre
 - collettrici termica x 1sec 35 kA
 - dinamica (2,5 I term.) 90 kA
- Tensione di tenuta a impulso 125 kV
- Tensione di tenuta a 50 Hz 55 kV
- Tensione dei solenoidi e motori di comando 110 Vcc o 48 Vcc
- Tensione dei circuiti di comando 48 Vcc o 110 Volt
- Tensione dei circuiti di segnalazione 48 Vcc o 110 Volt
- Tensione di alimentazione luce interna al quadro 220 V-50 Hz
- Grado di protezione IP30
- Grado di protezione con portelle aperte IP20
- Circuiti ausiliari protetti singolarmente con interruttori muniti di contatto di scattato;
- Telecomando a distanza mediante servorelè con massimo assorbimento 3W;
- Segnalazioni a distanza di aperto, chiuso e scattato relè per ogni utenza;
- Segnalazione a distanza mancanza Vcc. Oltre alle normali prove accettazioni si procederà presso le officine del costruttore alle prove di tensione a frequenza industriale a secco.

6.10.5 *Trasformatori di potenza*

I trasformatori saranno trifasi e del tipo a secco con isolamento in resina epossidica. I rapporti di trasformazione saranno 15/5,5kV e 5,5/0,4kV con collegamenti rispettivamente DY 11n ed YY On. Essi saranno del tipo a basse perdite con impedenza di corto circuito non inferiore al 5% e non superiore al 6% la tensione di prova ad impulso sarà rispettivamente 125kV e 50kV.

I trasformatori risponderanno alle norme CEI - 609 - Comitato 14 edizione IV ed alle IEC 76 (parti 1;2;3 e 4). Saranno quindi muniti del certificato CESI sulle prove di tipo. Sul quadro interruttore del trasformatore sarà installato n. 1 relé termometrico.

Accessori: ruote in caucciù e golfari di sollevamento; prese per inserimento connettori A.T.; Sensori termometrici a gradiente, morsetti di terra UNEL 06131-71 targa caratteristiche Unel 21005-74.

6.11 QUADRI DI BASSA TENSIONE

I quadri elettrici di B.T. saranno conformi alle norme C.E.I. ed alle raccomandazioni della Commissione Elettrotecnica Internazionale per quadri prefabbricati a bassa tensione - fasc. n.439-1973. Saranno di tipo per interno costruiti in robusta lamiera pressopiegata con spessore 20/10,

verniciata a polveri epossidiche e con colore scelto dalla Direzione Lavori, previo trattamento antiruggine e di fosfatazione.

6.12 APPARECCHIATURE ELETTRONICHE

Tutte le apparecchiature elettroniche (gruppo statico di continuità, regolatore variatore di tensione, logica di controllo dell'impianto semaforico, etc.) dovranno essere funzionalmente conformi a quanto stabilito nel progetto.

Saranno muniti di marcature CE secondo quanto disposto dalla normativa contro i disturbi elettromagnetici indotti da apparecchiature.

7.0 PROVE DEI MATERIALI

7.1 CERTIFICATO DI QUALITÀ (QUALIFICAZIONE)

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali prescritti dal presente Capitolato Speciale d'Appalto, dovrà esibire al Direttore dei Lavori, prima dell'impiego, una scheda di dati tecnici garantiti per ciascuna apparecchiatura principale.

Dovrà inoltre presentare:

- un certificato di qualità rilasciato dal CESI o da altro laboratorio ufficiale accettato dalla D.L. (allo scopo sarà sufficiente un certificato delle prove di "tipo" eseguite da non più di due anni);
- i dati relativi alla provenienza ed all'individuazione dei singoli materiali o di una loro composizione;
- indicazioni relative agli impianti o ai luoghi di produzione;
- i dati atti ad accertare i valori caratteristici richiesti dal progetto e la conformità alla normativa vigente.

Qualora i prodotti proposti fossero sprovvisti del certificato di qualità, ovvero lo stesso fosse di epoca non recente o rilasciato da un laboratorio non riconosciuto, si dovrà procedere alla verifica delle caratteristiche generali del prodotto in conformità alle prescrizioni e norme di riferimento stabilite nel presente capitolato.

Questa verifica dovrà essere condotta su prodotti inviati in cantiere dall'Appaltatore, unitamente ad una dichiarazione sia di rispondenza alle norme, sia di invariabilità dei prodotti che verranno installati.

Per tale verifica, che l'Ente Appaltante provvederà a fare effettuare da Istituto autorizzato, dovrà essere fornita la quantità di prodotto necessaria per l'esecuzione di tutte le prove previste dalla normativa vigente. Si intende che tali certificazioni saranno richieste esclusivamente per le apparecchiature per le quali sono normalmente effettuate le prove di tipo.

La verifica potrà essere evitata a fronte di una prova già effettuata, di cui si produca idonea documentazione.

7.2 ACCERTAMENTI PRELIMINARI (ACCETTAZIONE)

Il Direttore dei Lavori, prima dell'inizio dei lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Appaltatore, si accerterà della rispondenza delle caratteristiche dei materiali o dei prodotti proposti per l'impiego, sulla base delle indicazioni dei relativi certificati di qualità, rapportate alle prescrizioni del presente Capitolato; egli potrà inoltre disporre, ove ritenuto necessario, ed a suo insindacabile giudizio, ulteriori prove di controllo a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati di tali prove fossero difformi rispetto a quanto riportato nei certificati, si darà luogo alla necessaria sostituzione dei materiali, previa presentazione di nuove campionature e previa esibizione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi, nell'inizio dei lavori, derivanti dalle difformità sopra accennate, che comportino il protrarsi del tempo utile contrattuale, sarà applicata la penale prevista e, nel caso in cui le difformità stesse fossero imputabili a negligenza o malafede dell'Impresa, il Direttore dei Lavori ne riferirà all'Ente Appaltante.

7.3 PROVE SISTEMATICHE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA E CAMPIONATURA DEI MATERIALI

In relazione a quanto precisato al precedente capo circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Impresa sarà obbligata:

- a presentarsi alle prove o esami dei materiali impiegati e da impiegare;
- ad accollarsi tutte le spese per il prelevamento e per l'invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Stazione appaltante, nonché le spese per le prove stesse;
- ad effettuare verifiche in sito sulle rispondenze funzionali di ogni prodotto dopo la sua installazione.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio.

Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione nel tempo, nei locali indicati dalla D.L.

Detti campioni serviranno da riferimento, per confronto, nel corso dei lavori ed al momento della consegna delle opere.

In caso di contestazione, i risultati ottenuti in tali laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti del presente Capitolato.

Quei materiali già qualificati, sulla base dell'esibizione della certificazione di prove e prove di tipo eseguite da non più di due anni, potranno ancora essere sottoposti alle prove di collaudo in fabbrica o in cantiere previste dalle norme.

8.0 PRESCRIZIONI GENERALI DI ESECUZIONE DELLE PRINCIPALI CATEGORIE DI LAVORI

Come regola generale, nell'esecuzione dei lavori, l'Impresa dovrà attenersi alle migliori regole dell'arte ed alle prescrizioni che qui vengono date per le principali categorie di lavori.

Per tutte le categorie di lavori, e quindi anche per quelle relativamente alle quali non siano prescritte speciali norme nel presente Capitolato ed annesso Elenco dei prezzi, l'Impresa dovrà seguire i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica, attenendosi agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione Lavori all'atto esecutivo.

Tutti i lavori in genere, principali ed accessori, previsti o eventuali, dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alle specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione.

Avranno le forme, le dimensioni ed il grado di lavorazione stabiliti e soddisferanno le condizioni generali e speciali indicate nel presente Capitolato.

8.1 CRITERI COMUNI DI ESECUZIONE

8.1.1 *Prescrizioni generali*

I cavi saranno normalmente infilati entro tubi in PVC "underground" (o simili) a forte spessore, normalmente interrati.

Sui cavalcavia, lungo i manufatti, i cavi potranno essere infilati in tubi di acciaio zincato a caldo e scatole chiuse da coperchio, per la protezione meccanica dei cavi stessi.

In alcuni casi potrà essere richiesta la posa su tesata con fune metallica.

Il tipo di posa potrà essere stabilito anche con sopralluogo congiunto, all'atto della consegna dei lavori, a giudizio esclusivo della Direzione Lavori.

La distribuzione dei cavi nei cavidotti seguirà il criterio che ogni cavidotto dovrà contenere solo cavi dello stesso grado di isolamento.

I tubi in PVC dovranno essere di tipo pesante, resistenza allo schiacciamento 200N/cm, con diametro esterno minimo 110mm, e dovranno essere interrati alla profondità di circa 60cm dal livello del suolo.

Ogni 34m circa di percorso saranno interposti appositi pozzetti rompitratta di dimensioni non inferiori a 40x40x90cm, con coperchio di chiusura carrabile in ghisa 90kg.

8.1.2 *Cavi elettrici*

I cavi di energia dovranno essere a doppio tipo di isolamento:

- isolamento in gomma etilenpropilenica di qualità G7, sotto guaina in PVC;
- conduttori singoli di rame rivestiti esternamente con guaina in PVC.

8.1.3 *Stendimento dei cavi elettrici*

I cavi dovranno essere posti in opera a regola d'arte, evitando curvature con raggio troppo piccolo in rapporto al diametro del cavo stesso, sia in fase di stendimento sia a sistemazione avvenuta.

In linea di principio, il raggio di curvatura non dovrà mai essere inferiore a 10 volte il diametro esterno del cavo e le curve dovranno essere disposte con accortezza in modo da non far risentire ai cavi eventuali piccoli spostamenti, nel tempo, dovuti alla sistemazione dei cavidotti.

A stendimento avvenuto, i cavi dovranno essere lasciati con le estremità accuratamente fasciate da nastri adesivi in gomma e polivinilici, sino ad avvenute giunzioni e terminazioni, in cassetta o armadi, conformemente alle disposizioni di impianto.

I cavi dovranno essere posti in opera entro tubazioni con diametro interno netto non inferiore a 63mm e comunque il rapporto fra il diametro interno netto della tubazione e quello di una circonferenza ideale circoscrivente il fascio di cavi elettrici passante al suo interno non dovrà mai essere inferiore a 1,4.

I tubi saranno debitamente giuntati tra loro con sovrapposizione a bicchiere, evitando di costituire apprezzabili gradini nel passaggio cavi ottenuto, al fine di non provocare abrasioni sui cavi stessi al momento del loro infilaggio.

Nel caso si dovessero usare tubi di acciaio per protezione di "salite cavi", nei cambiamenti di direzione si dovranno avere curve, con raccordi avvitati, privi di sbavature interne.

Il diametro interno dei tubi passacavo potrà essere ridotto fino a portare a 1,3 il rapporto di cui sopra, solo inserendo cassette metalliche complete di raccordi, al fine di facilitare l'infilaggio dei cavi.

Tutte le staffe e i supporti di sostegno per i tubi di acciaio e qualsiasi forma speciale di raccordo dovranno essere preventivamente zincati a caldo.

9.0 MATERIALI DI RISERVA

Per assicurare il funzionamento continuo dell'impianto (sostituzione delle parti principali in caso di avaria o manutenzione programmata) sarà indicato, con ragionevole criterio di prudenza, l'elenco dei pezzi di ricambio necessari per ogni apparecchiatura fornita. Tale elenco, compilato dall'Impresa, dovrà essere confermato dal Costruttore delle apparecchiature.

10.0 DOCUMENTAZIONE FINALE

Prima dell'inizio del collaudo e, comunque non oltre la messa in servizio e la consegna degli impianti, l'Appaltatore dovrà consegnare all'Ente Appaltante la seguente documentazione in triplice copia su carta più una in formato riproducibile:

- disegni di installazione del materiale;
- schemi elettrici (unifilari, funzionali e sinottici);
- disegno degli armadi (prospetto equipaggiamento);
- nomenclature dettagliate dei materiali;
- diagrammi di distribuzione;
- diagrammi di funzionamento;
- programmi.

Lo schema dei circuiti (corredato da: sigle, valori dei componenti previsti e caratteristiche particolari dei dispositivi e di eventuali strumenti di misura) dovrà permettere una facile comprensione di tutti i dettagli di funzionamento dell'impianto.

Tutti i morsetti collegati fra loro da un conduttore, ed il conduttore stesso, devono essere indicati con il medesimo contrassegno. Tale contrassegno verrà riportato sul disegno delle morsettiere e su un elenco denominato: "Elenco Cavi".

Per i circuiti elettronici si dovrà fornire altresì:

- lo schema funzionale a blocchi destinato a far comprendere il principio di funzionamento degli apparati e le dipendenze funzionali;
- lo schema logico atto a rappresentare gli elementi di entrata, di elaborazione e di uscita di un dispositivo di comando.

Su tutti gli schemi dovranno essere riportati opportuni riferimenti che indichino i corretti legami tra schemi e circuiti; si dovranno indicare l'interconnessione fra i vari fogli e le funzioni logiche dei segnali.

Allo scopo di facilitare le riparazioni delle schede elettroniche, si dovranno indicare i punti di test e le caratteristiche elettriche che si devono ivi rilevare. Qualora necessario si dovranno dare informazioni riguardanti la scelta degli apparecchi di test da utilizzare.

Il Direttore dei Lavori si riserva il diritto di rifiutare la presa in consegna di tutta o di parte dell'installazione eseguita prima dell'approvazione dei corrispondenti disegni.

10.1 MANUALE DI ESERCIZIO E MANUTENZIONE

L'Appaltatore dovrà fornire, al termine dei lavori, sempre in triplice copia cartacea più una riproducibile, un manuale operativo ed un manuale di manutenzione.

Tali manuali saranno redatti secondo i criteri seguenti e dovranno soddisfare completamente la Direzione Lavori.

10.1.1 *Manuale operativo*

Il manuale operativo ha lo scopo di consentire l'esercizio dell'impianto dopo l'avviamento, e la gestione dell'avviamento stesso, attraverso due fasi successive:

- ✓ pre-avviamento: fase durante la quale ciascun impianto subisce:
 - controllo a vista del completamento meccanico secondo il contratto;
 - verifica dei collegamenti e del funzionamento dei blocchi e delle apparecchiature di sicurezza;
 - taratura degli strumenti e dei relè con certificazione di ogni singola operazione;
 - prova di funzionamento, in bianco e sotto carico, di ogni unità funzionale e congruità della documentazione relativa;
 - verifica della completezza della documentazione e della rispondenza nell'identificazione dei componenti, dei morsetti e dei collegamenti;
 - correzione, per ogni fase, delle anomalie riscontrate ed aggiornamento della documentazione;
 - compilazione delle procedure e delle istruzioni per l'avviamento.
- ✓ avviamento: messa in servizio secondo le procedure e le istruzioni redatte per ciascun impianto e rilievo documentato delle prestazioni di ciascuno di essi.

Detto manuale sarà suddiviso in tanti capitoli, costituente ciascuno un insieme omogeneo autonomo e completo, quanti sono i tipi di impianti interessati dall'esecuzione del progetto: impianto SOS, impianto a messaggi variabili etc.

Per ciascun capitolo sarà riportato il catalogo meccanico e la documentazione operativa.

Il catalogo meccanico sarà costituito da:

- elenco componenti individuati con sigle reperibili su disegni;
- documentazione componenti costituita da: cataloghi costruttore e certificazioni di laboratorio;
- schede dei dati tecnici garantiti;
- informazioni dimensionali.

La documentazione operativa dovrà essere costituita da:

- elenco disegni di montaggio e disegni di montaggio;
- elenco unità funzionali;
- schemi funzionali ed esauriente descrizione operativa di ciascuna unità funzionale;
- certificazione prove di accettazione in corso d'opera;
- documentazione di pre - avviamento;

- procedure ed istruzioni di avviamento;
- descrizioni dei funzionamenti.

10.1.2 Manuale di manutenzione

Il manuale d'uso e manutenzione deve indicare:

- le istruzioni per l'avviamento e l'uso delle apparecchiature;
- le operazioni di manutenzione preventiva;
- le istruzioni per le operazioni di manutenzione compresi gli eventuali accorgimenti per la riparazione e/o la sostituzione di apparecchi o loro parti;
- le istruzioni per le messe a punto;
- la periodicità dei controlli;
- le istruzioni per diagnosticare le principali disfunzioni che si possono verificare.

Allo scopo di facilitare le riparazioni, le istruzioni devono permettere una veloce localizzazione delle parti difettose, eventualmente mediante il controllo di determinati punti di test.

Le istruzioni per la manutenzione delle apparecchiature elettroniche devono contenere tutte le informazioni:

- per l'installazione, la taratura e la messa a punto di tutti i dispositivi;
- sui relativi strumenti necessari.

Se durante le riparazioni si potranno correre dei rischi, non sempre evidenti, questi dovranno essere evidenziati nelle corrispondenti istruzioni.

10.2 ELENCO DEI COMPONENTI

L'elenco dovrà comprendere tutti i componenti delle apparecchiature e dovrà essere completo di tutti i dati per l'eventuale ordinazione del componente stesso al fabbricante. I componenti commerciali adattati dal fabbricante dovranno essere evidenziati. L'elenco dei componenti dovrà riportare le caratteristiche tecniche ed il riferimento, per l'identificazione del componente stesso, usato sugli schemi.

10.3 MODIFICHE ALL'ATTO DEL MONTAGGIO

Qualora fosse sorta la necessità di apportare delle modifiche all'impianto all'atto dell'esecuzione, l'Appaltatore dovrà sostituire le copie della documentazione inviata, con altre aggiornate, entro 10 giorni dal termine del montaggio stesso.

11.0 ISTRUZIONE DEL PERSONALE

Rientra negli oneri dell'Appaltatore l'istruzione del personale secondo quanto sarà ritenuto necessario dalla stazione appaltante.

Generalmente dovranno essere tenuti dei corsi di formazione, per il personale che gestirà l'impianto, da tecnici specialisti dell'argomento trattato. Tali corsi dovranno essere propedeutici alla parte sperimentale da farsi presso impianti già in esercizio.

Detta istruzione verrà completata nel periodo di montaggio e nel periodo di esercizio provvisorio dell'impianto, tra l'ultimazione dei lavori e la presa in consegna degli stessi. Durante queste fasi il

personale che dovrà gestire gli impianti si affiancherà ai tecnici dell'Appaltatore incaricati della loro esecuzione

12.0 COLLAUDI

12.1 COLLAUDO IN CORSO D'OPERA

Durante i lavori, la D.L. si riserva il diritto di eseguire verifiche e prove preliminari sugli impianti, o parti di impianti, al fine di poter tempestivamente intervenire qualora non fossero rispettate le condizioni previste dal contratto.

Le verifiche potranno consistere

- nell'accertamento della rispondenza dei materiali impiegati con quelli previsti;
- nel controllo delle installazioni secondo le disposizioni convenute;
- in collaudi, prove di tipo e di accettazione delle singole apparecchiature facenti parte dell'impianto, secondo le norme CEI e/o gli allegati tecnici del contratto.

Dette prove potranno effettuarsi alla presenza di funzionari delegati e della D.L., tanto nelle officine dell'impresa quanto presso i fornitori.

Dei risultati delle verifiche e collaudi di cui sopra, si dovrà redigere un regolare verbale controfirmato da entrambe le parti.

12.2 VERIFICHE SUCCESSIVE

Poiché gli impianti oggetto del presente appalto richiedono un periodo di esercizio per poter essere giudicati conformi al contratto, si eseguirà il collaudo in due fasi:

- ✓ verifica provvisoria;
- ✓ collaudo definitivo.

12.3 VERIFICA PROVVISORIA

La verifica provvisoria accerterà che gli impianti siano in condizione di poter funzionare normalmente e che siano rispettate le vigenti norme di legge per la prevenzione degli infortuni.

Si dovrà controllare in particolare:

- lo stato di isolamento dei circuiti;
- la continuità elettrica dei circuiti;
- il grado di isolamento e le sezioni dei conduttori;
- l'efficienza dei comandi e delle protezioni nelle condizioni di massimo carico previsto;
- l'efficienza delle reti di terra.

La verifica provvisoria ha lo scopo di consentire, in caso di esito favorevole, la messa in servizio degli impianti.

Ad ultimazione della verifica provvisoria, la Stazione Appaltante prenderà in consegna gli impianti con un regolare verbale firmato da entrambe le parti, secondo le modalità amministrative ed i tempi previsti dal contratto.

12.4 COLLAUDO DEFINITIVO

Il collaudo definitivo verrà effettuato secondo le modalità previste dal contratto. Esso dovrà accertare, sia per quel che riguarda l'efficienza delle singole parti costruttive sia per quel che riguarda la correttezza dell'installazione eseguita a regola d'arte, la rispondenza completa degli impianti alle disposizioni di legge, alle norme CEI ed a tutto quanto espresso nel contratto, tenuto conto anche di eventuali modifiche concordate in corso d'opera.

In particolare, durante il collaudo definitivo, dovranno effettuarsi le seguenti verifiche:

- verifica del percorso dei cavi e dei tubi portacavi per quanto riguarda l'allineamento tra loro e con le strutture adiacenti;
- prova dell'inaccessibilità delle parti sotto tensione e delle loro protezioni, secondo le norme CEI;
- prove di sfilabilità dei conduttori dalle tubazioni;
- verifica di tutte le raccorderie e cassette montate, che non dovranno risultare danneggiate o prive di coperchi, guarnizioni, viti e bulloni di serraggio;
- verifica della dislocazione dei corpi illuminanti e di tutte le apparecchiature in genere; verifica dei loro collegamenti, compresi quelli di messa a terra;
- verifica della corretta esecuzione dei giunti e delle derivazioni, dei terminali dei conduttori elettrici e delle connessioni alle apparecchiature in genere;
- controllo dell'isolamento elettrico (che non dovrà risultare inferiore a 1) dei quadri, dei cavi di alimentazione, dei circuiti derivati e di tutte le apparecchiature in genere;
- misura della resistenza dell'impianto di messa a terra ed eventuali misure delle tensioni di passo e di contatto;
- verifica delle sezioni dei conduttori di terra;
- prove di tensione sull'impianto intero o su sezioni dello stesso, intese a verificare che non si provochino scariche tra le parti in tensione o fra queste e la massa;
- verifica della ripartizione dei carichi monofasi sui quadri di distribuzione e manovra, in bassa tensione;
- verifica del funzionamento di tutti gli organi elettrici e meccanici dei quadri di distribuzione;
- verifica delle regolazioni dei relè degli interruttori e dei teleruttori;
- verifica del funzionamento di tutti gli apparecchi di segnalazione, controllo ed allarme dislocati sui quadri e sull'impianto;
- verifica dei comandi e delle protezioni nelle condizioni, se possibile, del massimo carico previsto;
- verifica della caduta massima di tensione all'estremità di ciascuna linea di distribuzione, con controllo delle sezioni, sottoponendo, per quanto possibile, l'impianto a carichi corrispondenti a quelli nominali;
- verifica del valore di rifasamento degli impianti;
- verifica in genere della corrispondenza degli impianti elettrici al contratto, alle Norme CEI e alle Norme per la prevenzione degli infortuni sul lavoro.

La Stazione Appaltante, comunque, si riserva di fare qualsiasi altra verifica o prova che, a suo insindacabile giudizio, ritenesse necessaria per il collaudo definitivo.

Al termine del collaudo verrà redatto un regolare verbale controfirmato da entrambe le parti.