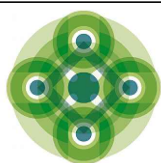




Comune di Bologna



Sostenibilità  
è Bologna



**PUMS**  
BOLOGNA  
METROPOLITANA

RTI Progettisti:

**SYSTRA SOTECNI**  
SYSTRA GROUP



STUDIO MATTIOLI  
Ambiente - Ingegneria - Energia



# PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA DELLA SECONDA LINEA TRANVIARIA DI BOLOGNA (TRATTO NORD LINEA VERDE - DIRETTRICE CORTICELLA-CASTEL MAGGIORE)

**FSC**

Fondo per lo Sviluppo  
e la Coesione

Intervento finanziato con risorse  
FSC 2014-2020 - Piano operativo della Città  
metropolitana di Bologna  
Delibera CIPE n.75/2017



## Elaborati generali

Capitolato speciale prestazionale - Capitolato descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici

COMUNE DI BOLOGNA  
SETTORE MOBILITA' SOSTENIBILE E INFRASTRUTTURE

IL DIRETTORE DEL SETTORE

ING. CLETO CARLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

ING. GIANCARLO SGUBBI

IL DIRETTORE DELL'ESECUZIONE DEL CONTRATTO

ING. MIRKA RIVOLA

SEGRETERIA TECNICA

ING. BARBARA BARALDI

GEOM. AGNESE FERO

ARCH. VIRGINIA BORRELLO

RESPONSABILE DI COMMESSA

ING. PAOLO MARCHETTI

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

ING. SANTI CAMINITI

Gruppo di Progettazione:

Ing. Alessandro Piazza (Coordinatore Tecnico)  
Ing. Santi Caminiti (Progetto sistemi tranviari)  
Ing. Andrea Spinosa (Studi Trasportistici)  
Arch. Sebastiano Fulci De Sarno (Prog. Architettonico e Inser. Urbanistico)  
Ing. Sergio Di Nicola (Sovrastruttura Tranviaria)  
Ing. Jeremie Wajs (Impianti Tecnologici)  
Ing. Maurizio Falzea (Esperto Armamento)  
Ing. Giorgio Coletti (Progettazione Funzionale Depositi)  
Ing. Pietro Caminiti (Viabilità Interferente)  
Ing. Stefano Tortella (Opere Strutturali)  
Ing. Andrea Carlucci (Esperto Impianti Elettro-ferroviari)  
Ing. Domenico D'Apollonio (Impianti di Trazione Elettrica)  
Ing. Matteo Mariotti (Impianti Meccanici)  
Arch. Sergio Moscheo (Prime Disposizioni per la Sicurezza)  
Ing. Boris. Rowenczyn (Piani Economici e Finanziari)  
Prof. Matteo Mattioli (Valutazione impatto ambientale e impatto acustico)

COMMESSA	FASE	DISCIPLINA	TIPO/NUMERO	REV.	SCALA	NOME FILE
B381-C	SF	GPR	CS001	B	—	B381-C-SF-GPR-CS001B

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
0	Gen. 2021	EMISSIONE	S. CAMINITI	S. CAMINITI	S. CAMINITI
1	Lug. 2022	AGGIORNAMENTO PER ITER SCREENING AMBIENTALE	S. CAMINITI	S. CAMINITI	S. CAMINITI
2					

## Sommario

1. INTRODUZIONE .....	6
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	7
3. CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEL TRACCIATO .....	9
3.1 REGOLE GENERALI DEL TRACCIATO LUNGO IL PROFILO .....	12
3.2 STUDIO DELLE SAGOME .....	13
4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI ARMAMENTO .....	17
4.1 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DEL SISTEMA ERS .....	22
4.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI .....	28
4.3 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI POSA .....	32
5. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI .....	38
5.1 PROVE SUI MATERIALI .....	48
6. SCAVI E RINTERRI .....	50
6.1 MOVIMENTI DI TERRE .....	50
7. DEMOLIZIONI - RIMOZIONI – TRASPORTI .....	63
7.1 DEMOLIZIONI .....	63
7.2 RIMOZIONI .....	63
7.3 TRASPORTI .....	64
7.4 OPERE PROVVISORIE .....	65
8. CONGLOMERATI – ACCIAI - CASSEFORMI .....	67
8.1 PARATIE DI PALI SECANTI .....	67

8.2	CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI OD ARMATI .....	73
8.3	MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO, NORMALE O PRECOMPRESSO .....	85
8.4	ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.....	87
8.5	PROVE DI CARICO.....	93
9.	OPERE MURARIE.....	95
9.1	MALTE .....	95
9.2	MURATURE DI MATTONI.....	95
9.3	MURATURE DI PIETrame A SECCO .....	96
9.4	MURATURE DI PIETrame E MALTA .....	97
9.5	MURATURE DI CALCESTRUZZO CON PIETrame ANNEGATO.....	99
9.6	MURATURE IN PIETRA DA TAGLIO .....	99
10.	IMPERMEABILIZZAZIONI.....	102
10.1	IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'ESTRADOSSO DEI VOLTI DELLE GALLERIE ARTIFICIALI ED ALTRI MANUFATTI.....	102
10.2	GUAINE BITUMINOSE.....	103
10.3	MEMBRANE ELASTICHE .....	104
10.4	GUAINA IN PVC .....	105
11.	PIETRE DA TAGLIO .....	107
11.1	PIETRA DA TAGLIO .....	107
12.	OPERE IN FERRO.....	109
12.1	STRUTTURE IN ACCIAIO.....	109
13.	LAVORI STRADALI E INFRASTRUTTURE.....	114

13.1	SOVRASTRUTTURA STRADALE .....	114
13.2	TRATTAMENTI SUPERFICIALI .....	147
13.3	SCARIFICAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI .....	157
13.4	FRESATURA DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON IDONEE ATTREZZATURE .....	158
13.5	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE	159
13.6	DRENAGGI CON FILTRO IN “GEOTESSILE” .....	162
13.7	ASFALTI COLATI PER MARCIAPIEDI.....	163
13.8	PAVIMENTAZIONI IN ELEMENTI PRECONFEZIONATI .....	165
13.9	PAVIMENTAZIONE DI BOLOGNINI.....	166
13.10	PAVIMENTAZIONE DI BASOLE DI GRANITO.....	168
14.	SISTEMAZIONE AREE A VERDE .....	170
14.1	SISTEMAZIONE CON TERRENO COLTIVO DELLE AIUOLE .....	170
14.2	LAVORI DI RIVESTIMENTO VEGETALE .....	170
14.3	PIANTUMAZIONI.....	171
15.	SEGNALETICA STRADALE .....	174
15.1	SEGNALETICA STRADALE VERTICALE .....	174
15.2	SEGNALETICA STRADALE ORIZZONTALE .....	181
15.3	SEGNALI E OPERE PROVVISORIALI.....	193
16.	FERMATE .....	194
16.1	PREMESSA .....	194
16.2	BANCHINA DI FERMATA .....	194
16.3	ARREDI DI BANCHINA TIPO .....	195

16.4	SPECIFICHE TECNICHE PER PROTEZIONE DELLA CARPENTERIA METALLICA .....	195
17.	SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE.....	196
17.1	SPECIFICA DI FUNZIONAMENTO .....	196
17.2	EQUIPAGGIAMENTO .....	197
17.3	SPECIFICHE TECNICHE PER LE APPARECCHIATURE MT .....	197
17.4	SPECIFICHE TECNICHE PER LE APPARECCHIATURE CC .....	202
17.5	SPECIFICHE TECNICHE PER LE APPARECCHIATURE CC IN LINEA.....	206
17.6	SPECIFICHE TECNICHE PER LE APPARECCHIATURE BT.....	208
18.	CAVI DI ALIMENTAZIONE.....	215
18.1	GENERALITÀ.....	215
18.2	DESCRIZIONE PARTICOLAREGGIATA DEI LAVORI - POSA DEI CAVI IN TRINCEA....	215
18.3	SICUREZZA FISICA DEI LAVORATORI .....	216
18.4	MODALITÀ PER L' ESECUZIONE DEI LAVORI.....	216
18.5	PROVE SUI MATERIALI.....	216
18.6	CONDOTTA DEI LAVORI .....	216
19.	LINEA DI CONTATTO.....	218
19.1	DESCRIZIONE DELL' IMPIANTO .....	218
19.2	SOSPENSIONI .....	219
19.3	POLIGONAZIONE .....	219
19.4	ALTEZZA SUL PIANO DEL FERRO.....	219
19.5	DISTANZE DI SICUREZZA .....	219
19.6	SCAMBI .....	219

---

19.7	ALIMENTAZIONI E SEZIONAMENTI.....	220
19.8	CAVI DI ALIMENTAZIONE .....	220
19.9	COLLEGAMENTO A TERRA DEI PALI .....	220
19.10	FORNITURA DEI MATERIALI .....	221
20.	TELECONTROLLO IMPIANTI .....	222
20.1	TELECONTROLLO IMPIANTI FISSI .....	222
21.	IMPIANTI TRASMISSIVI ED INFORMATIVI .....	227
21.1	RETE TRASMISSIONE DATI .....	227
21.2	IMPIANTO TVCC .....	228
21.3	IMPIANTO DI DIFFUSIONE SONORA.....	229
21.4	PANNELLI INFORMATIVI .....	230
21.5	SINCRONIZZAZIONE ORARIA.....	231
21.6	SISTEMA DI COMUNICAZIONE RADIO TETRA .....	231
21.7	EMETTITRICI .....	232
22.	LAVORI SUI SOTTOSERVIZI.....	235
22.1	TUBAZIONI, PEZZI SPECIALI E DISPOSITIVI DI CHIUSURA .....	235
22.2	ELEMENTI PREFABBRICATI AUTOPORTANTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER FOGNE OVOIDALI TIPO VII-VIII-IX .....	242
23.	SCAVI ARCHEOLOGI.....	246
23.1	ALLESTIMENTO DEL CANTIERE E MISURE DI SICUREZZA .....	246

## 1. INTRODUZIONE

---

Il presente documento descrive le principali prestazioni relative alle infrastrutture che dovranno essere rispettate nella redazione del progetto Definitivo e/o esecutivo per la realizzazione della Tratta nord della Seconda linea tramviaria (Linea Verde) nel comune di Bologna.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

---

La normativa vigente in materia di sistemi tranviari, presa a riferimento per la progettazione dell'intervento qui proposto, risulta la seguente:

### Definizioni generali del sistema

- Norma UNI 8378 "Metropolitane leggere - Motrici - Dimensioni, caratteristiche e prestazioni".
- Norma UNI 8379 "Sistemi di trasporto a guida vincolata(ferrovia, metropolitana, metropolitana leggera, tranvia veloce e tranvia) – Termini e Definizioni".
- Norma UNI 8944 "Materiale rotabile per sistemi di trasporto leggeri su rotaia in aree urbane - Dimensioni, caratteristiche e prestazioni".

### Dimensioni e tipologia della sede

- Norma UNI 5646 "Attraversamenti di ferrovie e tramvie extraurbane con strade pubbliche - Direttive per la scelta del sistema di attraversamento e, nel caso di attraversamento a raso, del sistema di protezione".
- Norma UNI 7156 "Tramvie urbane ed extraurbane - Distanze minime degli ostacoli fissi dal materiale rotabile ed interbinario".
- Norma UNI 8378 "Sagoma limite".
- Norma UNI 3648 "Linee tranviarie con rotaie a gola. Definizioni di scartamento ordinario e a scartamento ridotto".
- Norma UNI 7836 "Metropolitane. Geometria del tracciato delle linee su rotaia. Andamento planimetrico ed altimetrico e tolleranze di costruzione".
- D.Lgs. 30/04/1992 n. 285 e ss.mm.ii. "Nuovo Codice della Strada".
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495 e ss.mm.ii. "Regolamento di esecuzione e attuazione del nuovo codice della strada e successive modificazioni".
- D.M. 05/11/2001 n. 6792 "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade".



- Norme C.N.R. 15/04/1983 (B.U. n. 90) "Norme sulle caratteristiche geometriche e di traffico delle intersezioni stradali urbane"
  - Norme C.N.R. 19/03/1992 (B.U. n. 150) "Norme sull'arredo funzionale delle strade urbane"
  - Stazioni e fermate
  - Norma UNI 8207 "Metropolitane - Segnaletica grafica per viaggiatori nelle stazioni".
- Superamento barriere architettoniche
- Legge n. 118 del 30/03/1971 a favore dei mutilati ed invalidi civili, in materia di barriere architettoniche e trasporti pubblici.
  - D.P.R. n. 503 del 24/07/1996 "Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici".

### 3. CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI DEL TRACCIATO

---

La progettazione di una rete tranviaria, come quella di tipo stradale, si prefigge l'obiettivo di consentire in modo ottimale il moto, inserendo l'infrastruttura nel territorio mediante una successione di elementi geometrici che ne definiscono il tracciato della stessa.

Quest'ultimo è costituito da rettili e curve circolari, opportunamente raccordati mediante curve di transizione, al fine di garantire una migliore iscrizione del veicolo in curva.

La successione di due curve concordi costituisce una policentrica, mentre la successione di due curve circolari discordi costituisce un flesso.

L'elemento condizionante la velocità massima ammissibile su una linea è il raggio delle curve circolari, i cui ampi valori contribuiscono ad abbattere i tempi di percorrenza, limitando, inoltre, l'usura dei cerchioni e delle rotaie, derivante dalla manifestazione delle forze di attrito, e quindi dallo sprigionamento e/o dal drastico annullamento della forza centrifuga (fenomeno del contraccolpo, del quale se ne parlerà meglio in seguito).

D'altra parte, l'adozione sistematica di raggi minimi di valore elevato può irrigidire il tracciato, rendendo il costo di costruzione della rete tranviaria insostenibile e l'inserimento nel territorio problematico.

Nel progetto della tranvia di Bologna si è adottata per le curve di transizione la clotoide, preferendola alla parabola cubica che non si presta favorevolmente ad essere utilizzata in presenza di raggi ridotti come quelli tranviari.

#### Tracciamento di curve in piano

Come precedentemente accennato, la presenza nel tracciato di rettilinei e curve circolari, non assicura alla circolazione una qualità accettabile senza l'introduzione di curve di transizione a raggio variabile, le cui caratteristiche devono assicurare il rispetto delle condizioni geometriche e dinamiche di raccordo nei punti di contatto.

### Curva di transizione

Gli attuali parametri di progettazione dei tracciati tranviari individuano la necessità di avere curve con raggi non particolarmente ridotti ed utilizzare opportune curve di transizione per raccordare la parte circolare alle rette.

Nel progetto della tranvia di Bologna si è adottata per le curve di transizione la clotoide, preferendola alla parabola cubica che non si presta favorevolmente ad essere utilizzata in presenza di raggi ridotti come quelli tranviari.

Nelle curve, dove il tracciamento lo consente, vanno utilizzati i seguenti parametri: valore massimo di accelerazione trasversale di 1,00 m/sec<sup>2</sup> e contraccollo, variazione dell'accelerazione nell'unità di tempo, impostato a 0,40 m/sec<sup>3</sup>.

Lo sviluppo minimo della parte circolare è normalmente impostato con valori superiori a m. 12, per evitare che le turbative dinamiche prodotte al transito del raccordo d'ingresso alla curva non si assommino a quelle indotte dalla curva di transizione d'uscita.

L'adozione di questi parametri elevano qualitativamente gli indici relativi al comfort dei viaggiatori.

Tuttavia il giusto equilibrio tra le necessità di una tranvia veloce in un contesto urbano caratterizzato da strade non eccessivamente larghe ed incroci al limite dei 90 gradi, impone l'adozione di parametri riduttivi che possono essere applicati solo nelle situazioni più difficili. Per alcuni casi è ammesso un contraccollo maggiore, fino ad un massimo di 0,50 m/sec<sup>3</sup>, che determina un tempo di percorrenza della curva clotoideale non inferiore ai 2 secondi e di abbassare il limite dello sviluppo circolare fino a m. 8.

### Disposizioni particolari

Nella definizione della velocità massima si è fatto riferimento alla norma UNI 8944 che prevede una velocità massima consigliata di 70 km/h.

In realtà questa velocità non è raggiungibile nei tratti della linea in esame, perché le caratteristiche della fascia d'inserimento del tracciato sono relative ad un ambiente urbano

ristretto e vincolante: pertanto si è considerato come velocità massima di progetto il valore di 50 km/h.

#### Velocità massima in curva

La velocità massima di ogni singola curva è in funzione del suo raggio, definita la velocità si è impostata la lunghezza della clotoide di transizione in rapporto del tempo di percorrenza della stessa, fissato in 2,5 secondi, che corrisponde infatti al valore di contraccollo 0,40 m/sec<sup>3</sup>.

#### Sezione trasversale corrente

A causa dello scorrimento delle acque sarebbe utile realizzare una carreggiata in pendenza in sezione corrente (pendenza inferiore o uguale al 2%), generalmente a schiena d'asino.

Nel procedere all'elaborazione delle sezioni correnti di linea occorre tener conto degli elementi determinanti che sono la larghezza del materiale rotabile, le distanze degli ostacoli fissi dal materiale rotabile e l'interbinario (stabilite dalla norma UNI 7156-2008), nonché l'impostazione della linea aerea di contatto e della relativa palificazione di sostegno.

#### Tracciato con pendenze trasversali in curva

Creare una pendenza in curva permette di diminuire l'effetto della forza centrifuga sul passeggero e sul veicolo, e quindi di aumentare la velocità massima.

Per una rotaia di scorrimento in curva in pendenza, la velocità massima per un'accelerazione trasversale limitata a 1 m/s<sup>2</sup> è di:

$$V = 3,6 \sqrt{R(1+9,81d)} \text{ (km/h)}$$

ove R è espresso in metri e d è la pendenza espressa in m/m, positiva se l'inclinazione è verso l'interno della curva.

Allo stesso modo, le condizioni di confort impongono la limitazione del jerk J (variazione istantanea dell'accelerazione trasversale residua) a 0,4m/s<sup>3</sup> generalmente e a 0,8m/s<sup>3</sup> in via eccezionale: ne segue che la lunghezza minima dei raccordi deve essere calcolata in funzione

della velocità raggiunta o consentita in quella tratta e delle pendenze che precedono e seguono i raccordi stessi.

Peraltro, la variazione della pendenza “destra” (creata generalmente tra l’inizio e la fine del ramo del raccordo parabolico), è limitata allo 0,3% per metro lineare: ne risulta una lunghezza minima necessaria del raccordo parabolico.

#### Rettifili (sezione corrente e accesso/uscita dalla stazione)

La ricerca dei rettifili è prioritaria ovunque la geometria dell’inserzione lo permetta.

Nei limiti del possibile, in corrispondenza delle fermate si cerca di utilizzare un rettifilo.

Al di là della lunghezza intrinseca della banchina, è auspicabile prevedere, laddove possibile, in entrata e in uscita dalla stazione, un rettifilo di almeno 7,50 oltre la banchina: in effetti una curva chiusa nei pressi della stazione potrebbe portare alla smussatura di un’estremità della banchina per tenere conto dei disassamenti della struttura (curve spazzate).

### 3.1 REGOLE GENERALI DEL TRACCIATO LUNGO IL PROFILO

#### Raccordo delle livellette

Per unire due livellette di differente pendenza, occorre inserire una curva parabolica di raccordo il cui raggio  $R_v$ , valutato tenendo conto della velocità del convoglio e della differenza delle pendenze, sia tale:

che nessuna parte della cassa veicolo abbia contatti con la superficie di rotolamento;

che venga garantito il comfort nei confronti dell’accelerazione centrifuga verticale  $a_v$  che non deve superare il valore limite di  $0,2 \text{ m/s}^2$  e di  $0,315 \text{ m/s}^2$  in via eccezionale.

Come detto in precedenza, il raccordo verticale si effettua per mezzo di una parabola di raggio di curvatura  $R_v$  la cui l’equazione è la seguente:

$$y = x^2/2R$$

L’accelerazione centrifuga verticale sul raccordo è:

$$a_v = V^2/R$$

essa si è rivolta verso il basso nei raccordi concavi, verso l'alto in quelli convessi, sommandosi alle forze gravitazionali. In ragione del valore limite dell'accelerazione pari a  $0,2 \text{ m/s}^2$ , si deduce un valore minimo di  $R_v$  pari a:

$$R > v^2/0,2 \quad (v \text{ in m/s})$$

ovvero:

$$R > V^2/2,592 \quad (V \text{ in km/h})$$

### Valori massimi e pendenze

La pendenza massima in linea ammissibile dovrà essere del 100 per mille (10%) con carico eccezionale anche se nella linea non si supereranno pendenze del 6%.

La pendenza massima in stazione, nei binari di manovra e nei capolinea è uguale all'1%, e questo per evitare la deriva di un veicolo i cui freni non sono bloccati.

## 3.2 STUDIO DELLE SAGOME

### La sagoma statica

La sagoma statica è la linea geometrica che racchiude il materiale in un piano trasversale, quando quest'ultimo staziona vuoto su una piattaforma orizzontale.

Il suo asse verticale di simmetria viene confuso con l'asse della rotaia. La sagoma statica del materiale rotabile preso in considerazione ha una larghezza di circa 2.400 mm.

### La sagoma dinamica

La sagoma dinamica è l'involuppo delle posizioni esterne occupate dal materiale rotabile quando si tiene conto dei disassamenti normali e eccezionali quali:

- la guida posteriore in arresto: 40 mm
- l'usura dei rulli: 5 mm

- recupero dei giochi: 10 mm
- effetti di sbalzo: 8 mm
- disassamento dovuti ai rollii
- appiattimento degli pneumatici e delle sospensioni con vento laterale di 120 km/h :  
2,36°
- arresto di sospensione scoppiata : 0,34°

In rettilineo, questa sagoma dinamica avrebbe un valore di 2.680 mm per la vettura assunta come riferimento di 2.400 mm.

#### La sagoma di rivestimento

La sagoma di rivestimento è quella all'interno della quale il materiale resta in condizioni di marcia normali e degradate.

Questa sagoma si determina di volta in volta, in funzione delle curve e delle eventuali pendenze: alla sagoma dinamica in rettilineo si aggiungono i disassamenti su larghezze dovute alle curve o alle pendenze.

La sagoma limite degli ostacoli è quella espressa nelle norme UNI sulle tranvie ed è il contorno all'interno del quale non deve essere presente nessun equipaggiamento fisso (al di fuori della linea di contatto e delle banchine delle stazioni), la sagoma della vettura non deve essere quindi coinvolta.

Nella via ad unica rotaia, la sagoma limite degli ostacoli è uguale alla sagoma di rivestimento più le distanze dagli ostacoli puntuali e/o continui.

Nella via a doppia rotaia, la sagoma limite degli ostacoli è uguale alle sagome di rivestimento dei due rotabili, separate dalla distanza di sicurezza tra le vetture più le distanze laterali dagli ostacoli puntuali e/o continui.

#### Sagoma di rivestimento lungo il raccordo in curva

Per i diversi valori di  $R$ , è nota la sagoma di rivestimento in un punto del raccordo, ma se si tiene conto della variazione della curvatura è necessario scalare (verso  $R$  crescenti). La sagoma così ottenuta verrà applicata a una distanza di 7,60 m.

In pratica, sarà possibile applicare la regola riportata qui di seguito per determinare la sagoma di rivestimento minima lungo una curva di transizione di raccordo (parabola cubica o clotoide) tra un rettilifo e un cerchio.

- Fare variare linearmente la sagoma di rivestimento in funzione dell'ascissa della curva tra l'inizio del curva di raccordo, il cui valore è uguale alla sagoma di rivestimento corrispondente al rettilifo, e l'estremità del raccordo il cui valore è uguale alla sagoma di rivestimento corrispondente al cerchio;
- spostare la sagoma di rivestimento così calcolata di 7,60 metri in direzione del rettilifo. Le sagome di rivestimento dovranno ovviamente rispettare le condizioni relative alla distanza normata tra due rotabili così come verso l'esterno la sagoma di rivestimento dovrà distare della misura prevista nella norma dagli ostacoli (UNI 7156-2008).

#### Sagoma limite dagli ostacoli NELLA CURVA DI raccordo

Per questioni di semplicità, la sagoma limite dagli ostacoli (esterna) potrà essere determinata nel seguente modo:

- la sagoma limite dagli ostacoli ottenuta in curva viene mantenuta sulla curva di raccordo a raggio variabile (la sagoma limite dagli ostacoli su raccordo parabolico o clotoidico è la stessa di quella sul cerchio prolungato dal raccordo)
- a partire dall'inizio della curva di transizione, su un rettilifo di 7,60 m, restringimento progressivo delle sagome limite fino al suo valore corrente in rettilifo. Ovviamente, le sagome limite dovranno rispettare le condizioni imposte dalla UNI 7156.

#### Schemi



Le tabelle delle sagome dinamiche e impresse in curva così come gli schemi delle diverse sagome dovranno essere riportate da ciascun produttore per dimostrare la compatibilità tra le larghezze commerciali adottate e quelle del contesto architettonico ed urbano nel rispetto delle distanze imposte dalla UNI 7156.

#### 4. DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI ARMAMENTO

L'armamento ERS (Embedded Rail System) prevede un sistema di binari isolati in modo continuo senza fissaggio meccanico, con elasticità omogenea. Il rivestimento elastico consiste in profili laterali realizzati in un particolare tipo di elastomero, che avvolgono completamente la rotaia e consentono di fissarla in tutte le direzioni (verticale, trasversale e longitudinale), assicurando al contempo un buon isolamento della rotaia rispetto all'ambiente circostante in termini di:

- isolamento vibro-acustico;
- isolamento elettrico;
- isolamento termico.

I profili laterali possono essere realizzati per qualunque tipo di rotaia tra cui la rotaia a gola "Ri60N". Anche per le curve di raggio limitato offre infatti una soluzione a prezzo competitivo poiché non richiede la controrotaia.

La forma del rivestimento elastico è adattata al tipo di rotaia e garantisce un trasferimento ottimale del carico del materiale rotabile alla soletta portante; deve inoltre essere previsto un giunto di superficie di dimensioni sufficienti a evitare il contatto ruota/copertura della carreggiata (min. 50 mm lato esterno e min. 25 mm lato interno della rotaia).

Questo rivestimento elastico è idoneo al carico che deve essere sostenuto. È costituito da un elastomero granulare sinterizzato ad alta densità e determina il comportamento statico e dinamico della rotaia, inglobata nel cemento, che subisce le azioni imposte dal materiale rotabile e dagli altri veicoli che transitano sui binari (autobus, veicoli di soccorso e manutenzione, camion, ...).

Prima dell'installazione, le rotaie diritte/curve sono incollate ai loro profili di rivestimento elastico in un sito protetto e le estremità delle rotaie sono lasciate libere per una lunghezza minima (< 1.200 mm), al fine di consentire le saldature. Queste rotaie pre-rivestite sono poi montate in portalini di posa appositamente progettati (min. 6 per una lunghezza di 18 m) e che assicurano il livellamento/allineamento X,Y,Z (scartamento, profilo longitudinale,

pendenza trasversale, ...) partendo dalla quota del piano del ferro (installazione “top-down” che consente di assicurare un’elasticità continua e omogenea). Dopo il livellamento, il cemento di bloccaggio (fino a min. piano del ferro –100 mm.) fissa le rotaie nella soletta, dando così forma concreta ai binari. I portalini vengono tolti dopo la presa del cemento di bloccaggio. La profondità della cassaforma è in genere inferiore a 500 mm (100 mm di solettone di regolamento, max. 300 mm di cemento di bloccaggio a seconda della portanza del suolo e 100 mm di riserva per la copertura superficiale). Questa metodologia di posa deve consentire l’adozione di qualsiasi tipo di finitura: manto inerbito, conglomerati, calcestruzzo disattivato, calcestruzzo stampato, selciato incollato, asfalto (in questo caso si prevede l’impiego di profili metallici di protezione tra l’interfaccia in gomma e l’interfaccia rivestita in corrispondenza di incroci carrabili).

La forma del rivestimento elastico è tale che nel caso di sostituzione della rotaia, quella esistente possa essere tolta dal suo alloggiamento senza rompere il cemento che la circonda ed una nuova rotaia pre-rivestita, con le stesse caratteristiche meccaniche e dimensionali di quella originaria, possa essere inserita nella cavità.

Inoltre, a seconda delle esigenze in termini di mitigazione dell’impatto acustico-vibrazionale della tranvia in esercizio (che, si noti bene, non sollecita la struttura alle frequenze più basse ma, come da dottrina diffusamente accettata, tipicamente nel campo dei 63 Hz e oltre, in funzione della velocità di percorrenza) ed in funzione delle caratteristiche dei rotabili stessi (occorre ovviamente ricordare che, trattandosi di un sistema massa – molla, a parità di altre condizioni tanto più sono “leggeri” tanto meno “facilitano” il compito all’antivibrante. Va anche però precisato che, sempre a parità di altre condizioni, minore è la massa minore sarà la forza impressa e, quindi, l’ampiezza della sollecitazione da isolare...), si può scegliere il rivestimento isolante tra diverse caratteristiche smorzanti e, se necessario, lo si può efficacemente abbinare ad un adeguato materassino sottoplatea ottenendo quello che è stato definito Livello 2 e, con le massime caratteristiche elastiche del materassino, Livello 3.

Il cosiddetto Livello 0 (assenza di materassino sottoplatea) può pertanto a sua volta avere caratteristiche prestazionali differenziate.

In funzione della esecuzione adottata con una rotaia tipo Ri60N ed un rotabile con carico per asse di 11 T, distanza tra due assi di 1,7 m, distanza tra due carrelli di 11 m e velocità massima di 80 km/h, indicativamente possono essere considerati i seguenti moduli di elasticità lineare:

BASSO:

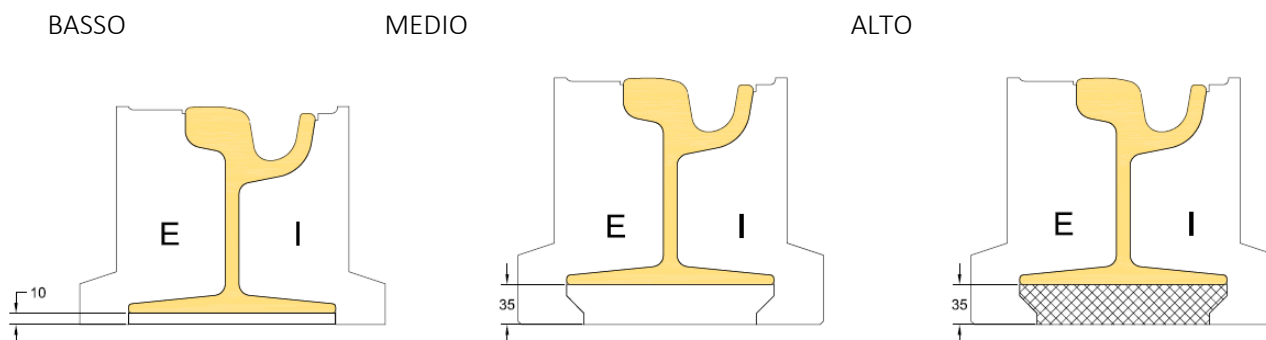
C-stat > 60 MN/m/ml-rotaia & C-din < 200 MN/m/ml-rotaia, ovvero equivalente alla rigidezza di un binario “tradizionale” con traversine tipo bi-blocco ogni 750 mm (in retto), piastre elastomeriche sotto-rotaia di spessore 9 mm c.a, un cedimento dinamico del piano del ferro < 0,5 mm, e adatto ad essere impiegato ove non siano richieste particolari prestazioni in termini di mitigazione acustico-vibrazionale. Ad esempio in caso di depositi e di vie dedicate e/o con una distanza tra il loro asse longitudinale ed il più vicino edificio  $L > 30$  m;

MEDIO:

C-stat > 30 MN/m/ml-rotaia & C-din < 90 MN/m/ml-rotaia, che rispetto al precedente permette un “insertion loss” (“perdita per inserimento”, ovvero incremento dell’attenuazione del disturbo vibrazionale rispetto ad un altro sistema) di 6 dBV c.a @ 63 Hz, con un cedimento dinamico del piano del ferro < 1,0 mm, e adatto ad essere impiegato ove siano richieste normali prestazioni in termini di mitigazione acustico-vibrazionale. Ad esempio in caso di vie con una distanza tra il loro asse longitudinale ed il più vicino edificio  $L > 20$  m;

ALTO:

C-stat > 10 MN/m/ml-rotaia & C-din < 45 MN/m/ml-rotaia, che sempre rispetto al primo permette un “insertion loss” di 12 dBV c.a @ 63 Hz, con un cedimento dinamico del piano del ferro < 2,0 mm, e adatto ad essere impiegato ove siano richieste elevate prestazioni in termini di mitigazione acustico-vibrazionale. Ad esempio in caso di vie con una distanza tra il loro asse longitudinale ed il più vicino edificio  $L > 10$  m;



Ove siano richieste o necessarie prestazioni ancora più elevate, come nel caso di zone particolarmente sensibili e/o di vie con una distanza tra il loro asse longitudinale ed il più vicino edificio  $L < 10$  m, occorre aggiungere un livello di intervento combinando quindi una delle due soluzioni (medio o alto) con i materassini antivibranti sottoplatea che, sempre rispetto al binario “tradizionale”, permettono un “insertion loss” complessiva maggiore di 20 dBV c.a @ 63 Hz, con un cedimento dinamico del piano del ferro  $< 3,0$  mm.

Solitamente si utilizza come valore di rigidità caratteristica il modulo di Winkler (statico o dinamico) anche detto della rotaia (C), che è la rigidità distribuita lungo la rotaia, con l’unità di misura [MN/m/ml-rotaia] del modello di calcolo di Winkler, appunto. Un altro metodo per caratterizzare la rigidità della rotaia è il valore  $K$  = costante elastica della rotaia con unità di misura [MN/m], che è la rigidità cui si confronta la ruota (ad es.: il peso della ruota  $P$  determina un cedimento  $x$ , quindi  $K = P/x$ ). Entrambe le definizioni sono matematicamente correlate attraverso il modello di Winkler,  $K = 2LcC$  (con  $Lc$  = lunghezza caratteristica della trave in [m], con il modulo di rigidità della fondazione, con rigidità alla Winkler  $C$  [MN/m/ml-rotaia]).

Il sistema di isolamento continuo senza fissaggio meccanico ERS (Embedded Rail System) offre dei vantaggi aggiuntivi quali:

- soluzioni di isolamento vibro-acustico integrate (3 classi di rigidità);

- limitata profondità dello scavo. Poiché la rotaia è in parte annegata in CLS armato (che nei sistemi tradizionali è invece al di sotto del livello della rotaia), la tecnologia ERS consente di ridurre lo spessore complessivo dell'armamento;
- ottimizzazione dei vantaggi del CLS per la stabilità della tranvia e l'isolamento delle vibrazioni;
- soluzioni specifiche in caso di particolare esigenze come nel caso di ponti o di sottoservizi poco profondi e protetti da solette in c.a. ove utilizzando lo stesso concetto ERS e delle apposite piastre di supporto a perdere si ottiene un spessore di costruzione di 245 mm.

Poiché la tecnologia ERS offre molti vantaggi rispetto ai sistemi di armamento tradizionali, per sfruttarli al meglio è opportuno prendere alcune precauzioni durante l'installazione ed evitare così di dover intervenire con azioni correttive. Precisamente:

- evitare di danneggiare i profili prima della loro installazione, tipicamente: durante il trasporto delle rotaie già rivestite verso il cantiere (ad es.: a causa di carichi puntuali eccessivi), durante le fasi di completamento della gettata (ad es.: se la prima gettata non riveste già completamente le rotaie ed i profili, è opportuno proteggerli dagli eventuali danni che possono essere provocati dai veicoli di cantiere). È comunque possibile riparare i profili laterali, sia in caso di danni di piccola che di media entità;
- proteggere durante la gettata tutte le parti riutilizzabili dei portalini con tubi in plastica. Particolare attenzione va altresì posta durante la rimozione dei portalini, che deve avvenire quanto più possibile in verticale. Inoltre le parti scorrevoli e le barre vanno ingrassate regolarmente;
- evitare di danneggiare accidentalmente il cemento di fissaggio. È comunque possibile ripararlo con resine epossidiche e altro;
- assicurarsi che le attività di incollaggio dei profili di rivestimento alle rotaie nelle aree di saldatura avvenga in modo accurato;

- assicurarsi che ogni adattamento / modifica apportata localmente alla geometria dei profili di rivestimento (ad es.: per permettere il drenaggio dell'acqua, il fissaggio dei collegamenti elettrici, ecc.) sia accuratamente rifinita con la colla;
- prevedere che l'incollaggio dei profili di rivestimento per le diramazioni sia fatto in fabbrica, preferibilmente a cura del fornitore delle diramazioni stesse;
- assicurarsi che tutti i materiali siano conservati secondo le proprie specifiche di fornitura.

#### 4.1 DESCRIZIONE DEI COMPONENTI DEL SISTEMA ERS

##### Denominazione

Viene stabilita nel modo seguente:

- Livello L0 – Sistema con differenti rigidzze della gomma sottorotaia senza materassino sottoplatea;
- Livello 2 – Sistema con caratteristiche prestazionali analoghe al precedente ma con interposizione di un materassino sottoplatea di media rigidzza;
- Livello 3 – Sistema con caratteristiche analoghe al precedente ma con materassino di elevate prestazioni.

##### Descrizione dei componenti

I sistemi sopra descritti si compongono dei seguenti elementi:

Componenti elastici:

Profilo laterale - tipo di rivestimento adattato alla rotaia;

Gomme sottorotaia – con spessori variabili in funzione della rigidzza:

- 10mm per BASSA;
- 35mm per MEDIA;
- 35mm per ALTA;

Sagoma di posizionamento binari adattata alla situazione;

Accessori:

- colla specifica;
- supporti in ferro della rotaia a perdere durante la gettata del cemento;
- protezioni in plastica a perdere che consentono di recuperare le barre filettate dopo la gettata;
- morsetti in acciaio pre-piegati adattate alla forma del rivestimento, che ne consentono il fissaggio alla rotaia.

#### Componenti elastici

#### Informazioni generali

Allo scopo di garantire la loro funzione di disaccoppiamento della rotaia rispetto all'ambiente, i profili devono presentare alcune caratteristiche meccaniche essenziali:

- un comportamento meccanico che non venga compromesso dalla presenza d'acqua, da condizioni di temperatura normali (es. da  $-25^{\circ}\text{C}$  a  $60^{\circ}\text{C}$ ), dai carichi continui del materiale rotabile sulla rotaia o dal traffico stradale (in caso di piattaforma carrabile);
- in condizioni di carico costante, lo scorrimento viscoso del prodotto deve rimanere limitato per non causare la degradazione del rivestimento della piattaforma;
- una sufficiente rigidità statica, per limitare le deformazioni a seguito delle diverse sollecitazioni verticali, orizzontali e laterali;
- una rigidità dinamica limitata per non degradare l'isolamento antivibrante tra la rotaia e il suo ambiente;
- una resistenza agli shock termici determinati ad esempio dalle tecniche di riporto con saldatura e riprofilatura della rotaia;
- una sufficiente resistività per limitare le correnti vaganti.

Almeno durante i 10 anni di garanzia, il materiale dovrà soddisfare le seguenti caratteristiche:

- imputrescibilità;
- resistenza alle muffe;



- resistenza agli agenti chimici quali:
- oli;
- idrocarburi;
- grassi;
- acidi diluiti.

#### Rivestimenti per rotaia

I rivestimenti per rotaia saranno realizzati con un elastomero granulare sinterizzato ad alta densità, prefabbricati e profilati a seconda del tipo di rotaia. I rivestimenti sono incollati lungo la rotaia allo scopo di evitare qualsiasi contatto tra la rotaia e il materiale circostante (ad es. cemento). Il materiale dovrà essere certificato conformemente alle specifiche tecniche RATP UV N°35 – 2001 “Fornitura di profili di rivestimento a base di granuli di gomma legati da resina, destinati all’armamento di tranvie”.

I profili dovranno garantire un perfetto fissaggio della rotaia nel calcestruzzo. Le rotaie dovranno essere fornite in cantiere già rivestite con i profili laterali.

Normalmente tale operazione dovrà avvenire in apposito Campo Base posizionato nelle vicinanze delle aree di cantiere

Le caratteristiche tecniche del profilo laterale sono sinteticamente descritte nella tabella sottostante:

Parametro	Unità	Materiale
Materiale costituente		Elastomero granulare sinterizzato ad alta densità con resina PU
Tipo		SIGLA FORNITORE
Massa volumica	kg/m <sup>3</sup>	950-1150
Durezza shore - ASTM-D2240	°A	55-65
Resistenza alla trazione - ISO-37	MPa	> 0.95
Allungamento a rottura - ISO-37	%	> 30
Compression set – 50% / 70H RT - DIN-53572	%	< 8
Velocità di scorrimento viscoso a 0.1 MPa – ISO-8013	% / decade di tempo in min.	< 1
Assorbimento d'acqua – BRB-491	% (del peso)	< 5
Modulo di elasticità E <sub>stat.</sub>	MPa	2.5 - 8.5
Modulo di elasticità E <sub>dyn</sub> (5 Hz. a 0.04 MPa +/- 20%)	MPa	< 20
Resistività trasversale – CEI93	Ωcm	> 10 <sup>8</sup>

#### Gomme sottorotaia

Dovranno essere disponibili tre diversi tipi di strisce, a seconda del sistema scelto.

Dovranno pertanto essere disponibili in differenti spessori e rigidzze come detto precedentemente ed in particolare:

- 10mm per BASSA;
- 35mm per MEDIA;
- 35mm per ALTA.

#### Gomme sottorotaia

Il materassino antivibrante da posizionare sotto le platee dovrà avere le caratteristiche tecniche descritte nella tabella sottostante:

Parametro	Unità	Materiale
Materiale costituente		Elastomero granulare sinterizzato ad alta densità con resina PU
Tipo o		SIGLA FORNITORE
Masse volumica	kg/m <sup>3</sup>	690 ± 10%
Durezza shore - ASTM-D2240	°A	25-35
Resistenza alla trazione - ISO-37	MPa	> 0.30
Allungamento a rottura - ISO-37	%	> 40
Velocità di scorrimento viscoso a 0.1 MPa – ISO-8013	%/decade di tempo in min.	< 1
Modulo di elasticità E <sub>stat.</sub>	MPa	0.5 – 1.25
Modulo di elasticità E <sub>dyn</sub> (5 Hz. a 0.04 MPa +/- 20%)	MPa	2 - 6

#### Tolleranze dimensionali

Lunghezza: + 10 mm / - 0 mm;

larghezza: ± 2 mm;

spessore: ± 2 mm;

ritiro trasversale: < 0.2%.

#### Risultato finale

Le superfici dei pezzi dovranno essere piane, pulite, senza difetti che ne pregiudichino l'uso, quali crepe, fessure, distacco di granuli, cavità, ecc.

Le sbavature devono essere eliminate, è ammesso uno spessore supplementare di 1 mm max.

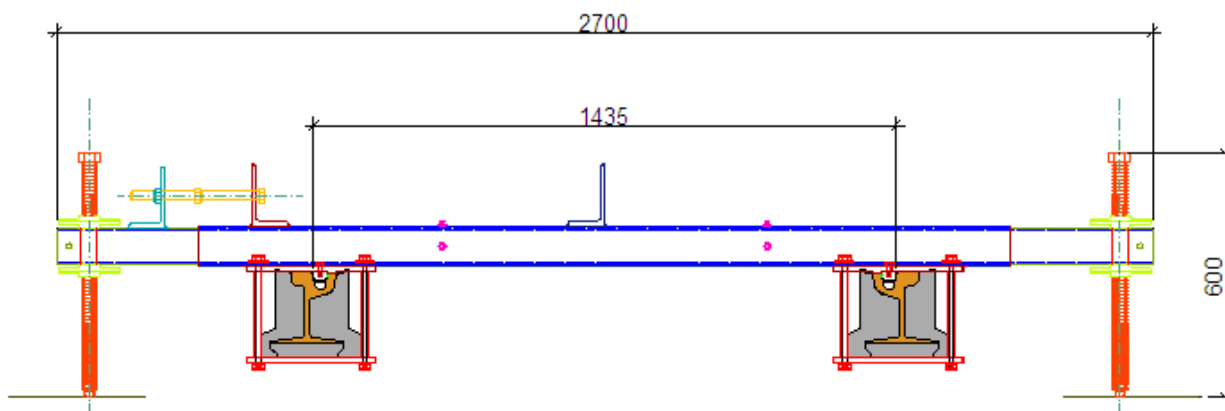
### Marcatura

I pezzi (profili, strisce, ecc.) di normale produzione non recano marcature. Su speciale richiesta dovrà essere possibile introdurre una marcatura nello stampo di produzione per garantirne la rintracciabilità.

### Portalini di posizionamento e accessori

Il portalino di posizionamento assicura la regolazione dei binari nelle direzioni x, y e z. La foto sotto mostra che questa attrezzatura, appositamente progettata per i sistemi ERS, consente una facile regolazione della rotaia.

Per la corretta regolazione dell'asse binario è opportuno prevedere un bloccaggio laterale dei portalini. Poiché lo spazio riservato dipende specificamente dal progetto, ne è responsabile la ditta incaricata della posa dei binari.



La fornitura dei portalini dovrà comprendere anche gli accessori seguenti:

- barre filettate: tipo trapezoidale, diametro 38 mm, acciaio zincato;
- bulloni: M12\*(240 ... 260), acciaio zincato;
- piastre di acciaio per la protezione dei portalini durante la gettata.

- I Portalini dovranno consentire la posa con le usuali tolleranze per i binari, che dipendono dai mezzi topografici utilizzati:
- Scartamento: -1 / +2

#### 4.2 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

Le prestazioni dei sistemi ERS dipendono essenzialmente dai seguenti parametri:

- tipo di esecuzione e forma del rivestimento elastico;
- trasferimento di carico del materiale rotabile alla soletta portante attraverso la rotaia rivestita.

Si dovranno quindi prevedere prove di caratterizzazione dei rivestimenti e della piastra portante sottorotaia.

#### PROFILI LATERALI

##### Caratteristiche prestazionali – prove di laboratorio

Per effettuare le prove, si preleveranno campioni di profili di forma a parallelepipedo. Le loro dimensioni dipenderanno dalla forma del profilo cercando di massimizzare le dimensioni nei tre sensi.

Rigidità statica – a secco e dopo immersione in acqua (24 ore in acqua a 20°C): il campione (dimensioni  $L \times l \times t$ ,  $L$  = lunghezza,  $l$  = larghezza,  $t$  = spessore in mm) è sottoposto a carichi equivalenti agli sforzi applicati sul profilo (max. 0.2 MPa). La rigidità statica è misurata in condizioni di temperatura di  $20^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$  in pressa idraulica tra due piani indeformabili. Il campione è sottoposto a 3 cicli di carico-scarico da 0 a 0.2 MPa con una velocità di carico di 0.2 MPa/min. L'intervallo tra due cicli è di 30 secondi. La curva forza-cedimento è registrata durante il terzo ciclo. Si misura la rigidità tangente a 0.04 MPa ( $= K_{\tan-0.04 \text{ MPa}}$ ) e la si

trasforma nel corrispondente modulo di Young, ovvero  $E_{tan-0.04 \text{ MPa}} = K_{tan-0.04 \text{ MPa}} \times t / (L \times I)$ .

Rigidità dinamica – a secco: deve essere misurata nella stessa pressa e sullo stesso campione. Oscillazione a  $0.04 \text{ MPa} \pm 20\%$  a 5 Hz. La rigidità dinamica  $K_{dyn-5Hz}$  è trasformata in modulo di Young  $E_{dyn-5 \text{ Hz}} = K_{dyn-5 \text{ Hz}} \times t / (L \times I)$ .

Scorrimento viscoso con carico costante (in base a ISO-8013): il campione è sottoposto a un carico di  $0.1 \text{ MPa}$ , per una durata di 168 h. Velocità di scorrimento viscoso  $< 1\%$  dell'altezza non caricata / decade di tempo espressa in minuti.

Resistenza dei materiali agli shock termici (cicli di congelamento-scongelo / simulazione di ricaricamento della rotaia. Vd. ST RATP N°UV 35, artt.III-12 e III-14). Nessuna degradazione apparente; variazione di peso  $< 10\%$ .

Resistività trasversale in base a CEI-93 (NF C26-215) su 3 campioni.  $R < 1E8 \Omega \text{cm}$ .

Resistenza ai liquidi (acqua salata/bassa temperatura e olio N°2. Vd. ST RATP N°UV 35, art.III-15). Nessuna degradazione apparente; variazione di peso  $< 10\%$ .

Resistenza all'usura col metodo del pendolo SRT – a secco e immerso in acqua /  $20^\circ\text{C}$  (Skid Resistance Tester. Vd. Road Research Laboratory – Ministry of Transport – Road Note N°27 2nd Ed. London 1969 - Instructions for using the portable Skid-resistance tester). SRT-asciutto  $> 90$  e SRT-in acqua  $> 60$ .

Prova di fatica: il materiale costitutivo è utilizzato nella costruzione di rivestimenti (profili con funzione supplementare, vale a dire fissare la rotaia e garantirne la stabilità). La rotaia rivestita e incassata nel cemento (lunghezza min. 4 m) è stata sottoposta a:

- Fase 1: un aumento di carico verticale fino a  $120 \text{ kN}$  con misura del cedimento per tappa di carico (=comportamento prima della sollecitazione).
- Fase 2: una sollecitazione di  $24-120 \text{ kN}$  a  $2 \text{ Hz}$  per  $500.000$  cicli.
- Fase 3: uguale a Fase 1 (=comportamento dopo la sollecitazione).

- Fase 4: si confrontano le deformazioni di rotaia della fase 1 e della fase 3. La variazione di deformazione (confrontando la deformazione prima e dopo, allo stesso livello di sforzo) non deve superare il 20%.

#### COMPORTAMENTO DELLA ROTAIA RIVESTITA ALL'INTERNO DELLA SOLETTA PORTANTE

##### Prove di laboratorio su modelli in piccola scala: L = 300 mm

Il comportamento della rotaia nella soletta portante è definito essenzialmente dal modulo di rigidità  $k$  (MN/m<sup>3</sup>) o dal modulo di rigidità lineare di rotaia  $K$  (pari a  $k \cdot$  larghezza della rotaia espressa in MN/m/m) richiesto: il modulo di rigidità statica definisce il cedimento della rotaia sotto carico massimo per asse e il modulo di rigidità dinamica definisce la perdita per inserzione del sistema.

Il modulo di rigidità di un impianto ERS è definito con il procedimento (ERS SYSTEM PERFORMANCE).

Questo procedimento di prova è stato realizzato sulla base dei concetti descritti in RAGERS (rapporto 01-04 CROW) "Recommendations And Guidelines for Embedded Rail Systems" Part B – Test & Calculations for Embedded Rail (Raccomandazioni e direttive per i sistemi a rotaia rivestita parte B – prova e calcolo per rotaia rivestita). Il rapporto RAGERS è stato redatto dai gruppi di lavoro "embedded rail" e ProVEIS coordinati da CROW (Paesi Bassi). La prova di prestazione consiste nell'inserimento di una rotaia da 300 mm, rivestita con l'apposito profilo laterale, in un blocco di calcestruzzo di dimensioni tali che la prova possa essere eseguita sotto pressa idraulica. Con questa tecnica è possibile misurare i moduli di rigidità statica e dinamica di una rotaia avvolta in un rivestimento e incassata nel calcestruzzo.

Questa tecnica è stata anche approvata dal rapporto D2S International/UCL " PREFARAIL RAIL FIXATION SYSTEM Detailed static and dynamic analysis with finite element verification" in cui sono stati realizzati test supplementari sulla resistenza longitudinale della rotaia rivestita.

Per la posa dei binari con rotaie Ri60N, i moduli di rigidità sono:

Per la versione base standard:

- C-stat > 60 MN/m/mlr
- C-dyn < 200 MN/m/mr

Per la versione migliorata:

- C-stat > 30 MN/m/mlr
- C-dyn < 90 MN/m/mlr

Prove di laboratorio del sistema su modelli in grande scala: L = 3 m

L'intero sistema ERS è stato esaminato presso l'UCL - Belgio. Nel corso di questa campagna di prova, il sistema è stato sottoposto a carichi verticali e inclinati (angolo di inclinazione 26°) e a un programma di fatica fino a 500.000 cicli di carico. Queste prove sono state condite sine qua non per l'impiego intensivo del sistema da parte della STIB di Bruxelles (BE).

Per quanto riguarda le altre caratteristiche tecniche dell'impianto:

- il coefficiente di attrito tra calcestruzzo e profili laterali dovrà essere pari ad almeno 0.6. Infatti, grazie alle "micro-asperità" superficiali del rivestimento a base di elastomero granulare sinterizzato ad alta densità, il calcestruzzo dopo l'indurimento "aderisce" perfettamente alle superfici esterne ai profili di rivestimento;
- Dovrà essere effettuata la prova di aderenza secondo il metodo di prova "Road Research Laboratory – Ministry of Transport – Road Note 27 – second edition London 1969" ("Laboratorio di Ricerche Stradali – Ministero dei Trasporti – Road Note 27 – seconda edizione Londra 1969");
- Dovrà essere rispettata la prova di resistività elettrica eseguita secondo CEI93 presso il Laboratorio Laborelec.

Fornitura e condizioni di immagazzinamento

I rivestimenti laterali in gomma dovranno essere imballati in funzione dei volumi dell'ordine e dovranno essere consegnati su bancali dotati di foglio di protezione.



I bancali non potranno essere impilati né caricati di pesi supplementari e non dovranno essere sottoposti a condizioni climatiche estreme.

Al momento del caricamento dei bancali si dovrà fare attenzione a non farli cadere né urtare violentemente. Le eventuali anomalie dovranno essere segnalate sulla bolla di ricevimento presentata dal corriere.

#### 4.3 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI POSA

##### Sequenza di posa proposta

In base alle condizioni del cantiere è possibile installare giornalmente 72 metri lineari di doppio binario con una squadra di 20 persone (tra cui 2 saldatori e 2 aiuto-saldatori), a condizione che le rotaie arrivino al cantiere già rivestite (per le operazioni di incollaggio occorrono altri 4 operai). Questo planning è un esempio di una possibile sequenza di posa e può essere adattato in base alle specifiche esigenze del progetto.

Per la posa suddetta occorrono anche:

- traversine di legno => quantità minima per cantiere = 2 (aree 72 m / cantiere) x 32 (traversine / area 72 m) = 64 (traversine / cantiere);
- portalini di posizionamento => quantità minima per cantiere = 2 (aree 72 m / cantiere) x 48 (Portalini / area 72 m) = 96 (portalini / cantiere).

##### Incollaggio dei profili di rivestimento alla rotaia

L'incollaggio dei rivestimenti dovrà essere svolto in ambiente protetto dalle intemperie:

- la superficie delle rotaie dovrà presentarsi in buono stato, senza eccessiva ruggine o sporcizia (grasso, terra o altro);
- la superficie dei rivestimenti non dovrà presentare alcun tipo di sporcizia;
- per l'utilizzo di colle, i supporti da incollare dovranno essere perfettamente asciutti

- la colla dovrà essere applicata secondo le indicazioni fornite dal fornitore in occasione della prima installazione in sito e in conformità con la scheda tecnica;
- i cordoni di colla devono essere il più possibile continui e posizionati in modo opportuno;
- se necessario, ai due lati della rotaia dovranno essere realizzati due giunti di finitura per ottenere un isolamento elettrico maggiore.

#### Fasi di posa

Le diverse fasi di posa sono in sintesi:

- chiusura dell'area;
- terrazzamento: preparazione della piattaforma;
- sottostrato di fondazione (ad esempio: strato del tipo stabilizzato vibrato);
- posa della prima armatura;
- posa di traversine in legno provvisorie destinate a sostenere le rotaie rivestite;

Le rotaie sono precedentemente rivestite in officina o in sito;

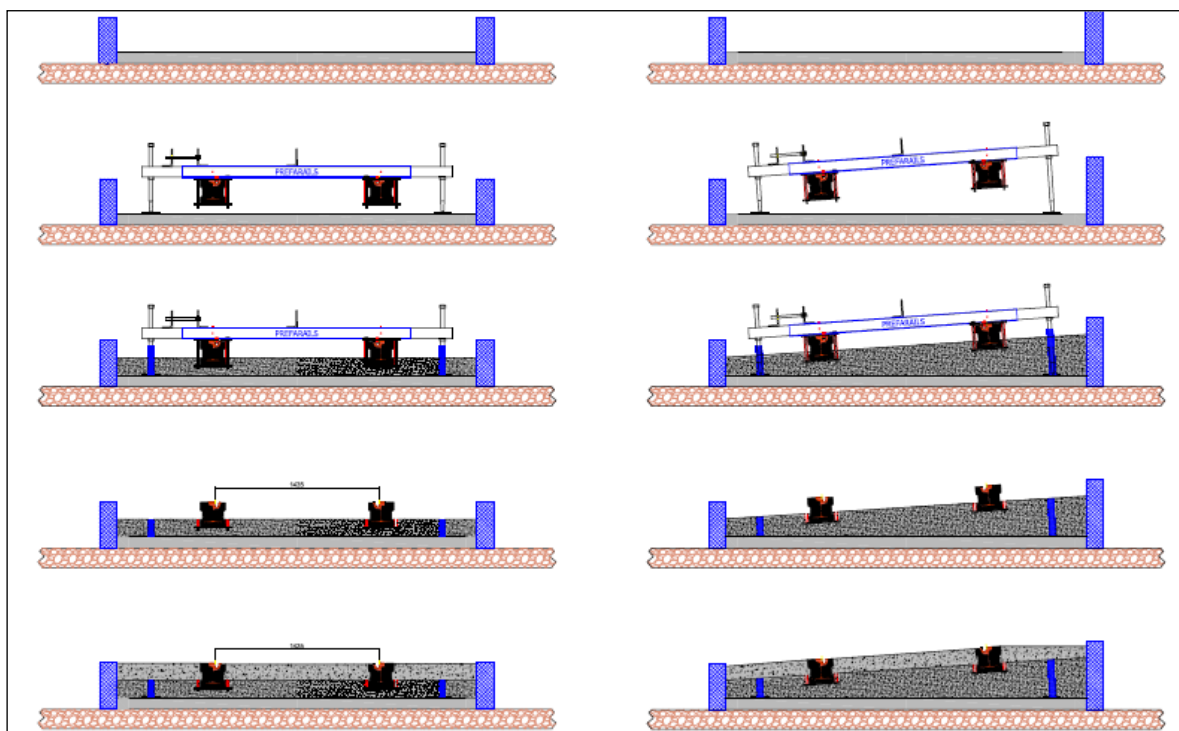
- saldatura testa a testa delle rotaie;
- pulizia delle aree di saldatura e posa dei rivestimenti in queste aree. Per quanto riguarda la realizzazione delle saldature, queste dovranno essere accuratamente pulite e molate e le sbavature correttamente livellate. L'area di saldatura è contrassegnata sul rivestimento, nel quale viene poi praticata una apertura equivalente alla saldatura per mezzo di una troncatrice per legno. Il rivestimento viene quindi spalmato di colla e applicato all'area di saldatura;
- regolazione approssimativa del binario in larghezza. Le due rotaie vengono messe a scartamento e posizionate approssimativamente nel punto definitivo;
- posa dei portalini che saranno distribuiti sulla lunghezza del binario in base alle rotaie e al peso dei rivestimenti: una distanza di 3,5 m in linea retta e 3,0 m in curva è generalmente la più idonea. I portalini saranno dotati di due piastrelle formate da due piatti metallici e da una cerniera, le rotaie saranno attestate contro i due piatti metallici interni, in questo modo si ottiene lo scartamento di binario richiesto. Un piatto metallico con due fori filettati verrà posto sotto la rotaia e vi verranno inseriti due bulloni metrici 12, che sono fatti passare nelle

piastrine e serrati sul piatto metallico inferiore, la rotaia viene così a fissarsi contro la piastrina e si posiziona in scartamento. Quando è così fissata, la rotaia può essere alzata grazie alle due grandi barre filettate esterne. Una volta regolata la rotaia all'altezza corretta, le barre filettate orizzontali vengono sbloccate per lasciar scivolare l'insieme delle due rotaie verso la quota di regolazione laterale. Quindi si bloccano dadi e controdadi. In caso di curvatura maggiore del binario, i portalini devono essere bloccati per non essere trascinati dalla rigidità delle rotaie;

- rimozione delle traversine in legno provvisorie;
- posa dell'armatura. Le maglie elettrosaldate sono dimensionate e distribuite in funzione delle particolari sollecitazioni della rete: traffico tranviario (peso del materiale rotabile, numero di ruote, distanza tra le ruote), traffico stradale, categoria dei passaggi a livello o attraversamenti di incroci, classificazione della carreggiata. L'armatura inferiore deve essere sopraelevata di circa 3 cm rispetto alla sottofondazione, la copertura delle armature è 40 volte il diametro della sezione dei fili;
- regolazione del binario in X, Y e Z: verrà realizzata una preregolazione del binario su una lunghezza sufficiente. Una volta eseguita questa preregolazione, si effettuerà la regolazione definitiva tramite un tacheometro. Al termine della regolazione, occorre assicurarsi che tutti i bulloni siano adeguatamente serrati;
- gettata di cemento in 1 o 2 fasi;
- prima della gettata, fare attenzione che tutti gli elementi recuperati (i 4 bulloni metrici 12 che tengono la rotaia, le 2 barre filettate metriche 38 che servono a sollevare i portalini) siano protetti con una guaina o coperti con prodotto di disarmo;
- la gettata dovrà essere realizzata tramite pompaggio, iniziando dall'interbinario di ogni binario ( $L_{min}$  = lunghezza minima di binario da fissare, dipende dal  $\Delta T$  imposto; in generale  $L_{min}$  in m deve essere  $> \Delta T$  in °C), assicurandosi che il calcestruzzo non comprometta le regolazioni. Il calcestruzzo dovrà essere sufficientemente fluido per non presentare grandi masse e grandi quantità che possano causare sollecitazioni sulla rotaia. In caso di gettata in due strati, alcuni ferri di collegamento dovranno superare il primo strato per assestare il secondo strato al momento della posa;
- rimozione dei portalini. La rimozione potrà essere effettuata quando il calcestruzzo ha preso, vale a dire quando è calpestabile;
- posa degli eventuali profili metallici per la protezione dell'asfalto di finitura superficiale in corrispondenza di incroci carrabili; sempre in caso di finitura in asfalto e soprattutto in

corrispondenza di incroci carrabili, sui fianchi laterali dei rivestimenti verranno distribuiti due cordoni di colla e durante l'incollaggio verranno applicati due ferri piatti di sezione 8/80 fissati mediante serraggiunti o viti inserite nei fori predisposti in precedenza nei ferri piatti; una volta applicato l'assieme, verrà eseguita una rifinitura dei rivestimenti, chiudendo tutti gli interstizi visibili con un cordone di colla;

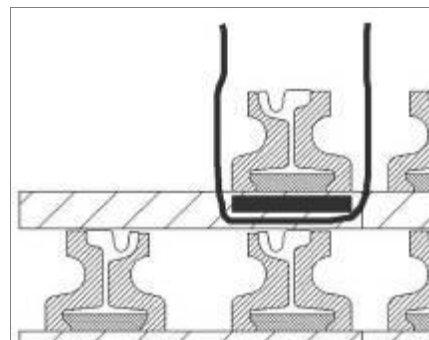
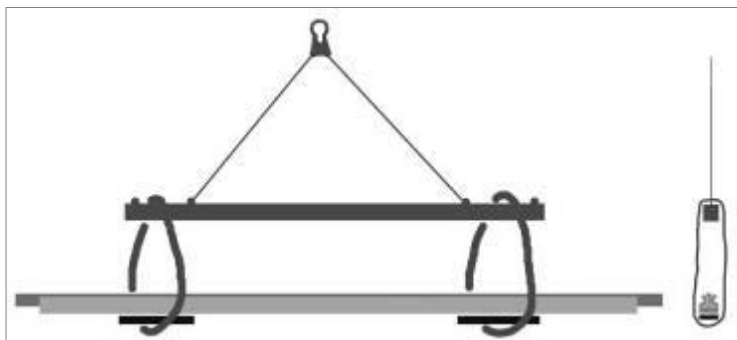
- posa del rivestimento finale.



### Movimentazione delle rotaie rivestite

Per quanto riguarda la movimentazione in cantiere, per esperienza e per motivi di sicurezza si raccomanda di sollevare la rotaia avvolta nel suo rivestimento per mezzo di due punti di sospensione (due braghe – il peso totale è pari a circa 1.8 - 2 T) prendendo la rotaia sotto il pattino e utilizzando al di sopra una trave di sostegno supplementare. Questi punti di sospensione sono imposti e predefiniti per evitare il piegamento della rotaia durante la

movimentazione (che consiste nel caricare il camion in officina e più specificamente nello scaricarlo in cantiere). Per non danneggiare il rivestimento, si dovranno inserire delle tavolette di legno tra le braghe e la rotaia rivestita, sotto la rotaia. La larghezza della tavoletta di legno dovrà essere adattata alla larghezza della rotaia rivestita.



#### Sostituzione della rotaia

In caso di necessità, la rotaia rivestita e incassata dovrà poter essere sostituita abbastanza rapidamente procedendo nel modo seguente:

- innanzitutto, si deve togliere la rotaia dalla soletta. A questo scopo occorre eseguire un'incisione ai due lati della rotaia rivestita;
- fatto ciò, si può rimuovere la rotaia utilizzando un dispositivo di sollevamento idoneo;
- a questo punto è possibile inserire nel posto lasciato libero la nuova rotaia con il suo rivestimento di seconda generazione. Questi rivestimenti di seconda generazione sono di dimensioni inferiori rispetto a quelli originali. Il fondo viene coperto da una striscia di gomma (5 mm), su cui vengono posizionati degli spessori (massimo 10 mm) per assicurare la regolazione verticale e ottenere una superficie superiore della rotaia (TOR – top of rail) perfettamente orizzontale. Quando la nuova rotaia rivestita è in posizione, si cola in sito del fissante liquido tra rivestimento e calcestruzzo. Ai due lati della rotaia vengono inseriti due spessori conici per la regolazione orizzontale.

#### Piano di controllo della qualità

### Tracciabilità

Ogni ordine di produzione dovrà essere catalogato con un numero di riferimento S.xxxx (dove xxxx è un numero di identificazione sequenziale). Dopo il controllo della merce, il fornitore potrà inviarlo al cliente e inserendolo nel proprio database informatico.

Quando i prodotti vengono spediti, su ogni bancali pronto all'invio viene apposto un numero d'ordine P.xxxx-yy/cc (dove xxxx è il numero di identificazione sequenziale dell'ordine; yy è il numero sequenziale di consegna per un dato ordine; cc è il codice paese. I collegamenti tra i numeri S.xxxx e P.xxxx-yy/cc compaiono nel database del fornitore).

La tracciabilità della produzione (vale a dire il collegamento tra le materie prime e il prodotto finito) è assicurata dal sistema CQ.

### Controllo qualità

I documenti di controllo qualità per il progetto dovranno essere sempre disponibili presso il fornitore. In caso di reclami lo stesso farà il necessario per trovare la causa del problema, correggerlo (AC) ed eventualmente prevenire non-conformità analoghe nel prosieguo del progetto (AP).

### Accettazione

L'accettazione dei lotti avverrà in base alla norma ISO-3951 con un livello di controllo S-4 e un livello di qualità accettabile del 2,5 %.

Le prove di accettazione saranno eseguite presso laboratori ufficiali; un rappresentante del cliente potrà assistere all'esecuzione di tali prove.

### Certificato ISO 9001

Il sistema di gestione della qualità dovrà essere certificato ISO9001:2000. Il certificato dovrà essere disponibile su richiesta.

## 5. QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori.

I materiali proverranno da località o fabbriche che l'impresa riterrà di sua convenienza, purché corrispondano ai requisiti di cui sopra.

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; 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 dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti qui di seguito fissati.

### a) Acqua

Dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate e rispondere ai requisiti stabiliti dalle norme tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 (S.O. alla G.U. n. 65 del 18/3/1992) in applicazione dell'Art. 21 della Legge 1086 del 5 novembre 1971.

### b) Leganti idraulici

Dovranno corrispondere, come richiamato dal D.M. 14 febbraio 1992, alla legge 26 maggio 1965 n. 595 (G.U. n. 143 del 10.06.1965).

I leganti idraulici si distinguono in:

Cementi (di cui all'art. 1 lettera A) - B) - C) della legge 595/1965). Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

D.M. 3.6.1968 che approva le «Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi» (G.U. n. 180 del 17.7.1968).

D.M. 20.11.1984 «Modificazione al D.M. 3.6.1968 recante norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi» (G.U. n. 353 del 27.12.1984).

Avviso di rettifica al D.M. 20.11.1984 (G.U. n. 26 del 31.1.1985):

D.l. 9.3. 1988 n. 126 «Regolamento del servizio di controllo e certificazione di qualità dei cementi».

Agglomerati cementizie calci idrauliche (di cui all'art. 1 lettera D) e E) della Legge 595/1965).

Dovranno rispondere alle caratteristiche tecniche dettate da:

D.M. 31.8.1972 che approva le «Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calci idrauliche» (G.U. n. 287 del 6.11.1972).

c) Calci aeree - Pozzolane

Dovranno corrispondere alle «Norme per l'accettazione delle calci aeree», R.D. 16 novembre 1939, n. 2231 ed alle «Norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico», R.D. 16 novembre 1939, n. 2230.

d) Ghiaie - Ghiaietti - Pietrischi - Pietrischetti - Sabbie per strutture In muratura ed in conglomerati cementizi

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti dal D.M. 14 febbraio 1992 norme tecniche alle quali devono uniformarsi le costruzioni in conglomerato cementizio, normale e precompresso, ed a struttura metallica..



Le dimensioni dovranno essere sempre le maggiori tra quelle previste come compatibili per la struttura a cui il calcestruzzo è destinato; di norma però non si dovrà superare la larghezza di cm 5 (per larghezza s'intende la dimensione dell'inerte misurato in una setacciatrice) se si tratta di lavori correnti di fondazione; di cm 4 se si tratta di getti per volti, per lavori di elevazione, muri di sostegno, piedritti, rivestimenti di scarpate o simili; di cm 3 se si tratta di cementi armati; e di cm 2 se si tratta di cappe o di getti di limitato spessore (parapetti, cunette, copertine, ecc.).

Per le caratteristiche di forma valgono le prescrizioni riportate nello specifico articolo riguardante i conglomerati cementizi.

e) Pietrischi - Pietrischetti - Graniglie - Sabbie - Additivi da impiegare per pavimentazioni  
Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti «Norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali» del C.N.R. (Fascicolo n. 4 - Ed. 1953) ed essere rispondenti alle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

f) Ghiaie - Ghiaietti per pavimentazioni

Dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nella «Tabella U.N.I. 2710 - Ed. giugno 1945» ed eventuali e successive modifiche.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e particolarmente esenti- da materie eterogenee- non presentare perdite di peso, per decantazione in acqua, superiori al 2%.

g) Cubetti di pietre

Dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti «Norme per l'accettazione di cubetti di pietra per pavimentazioni stradali» C.N.R. - Ed. 1954 e nella «Tabella U.N.I. 2719 - Ed. 1945».

h) Cordoni - bacchette di scarico - Risvolti - Guide di risvolto - Scivoli per accessi - Guide e masselli per pavimentazione

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle «Tabelle U.N.I. 2712, 2713, 2714, 2715, 2716, 2717, 2718 - Ed. 1945».

i) Scapoli di pietra da impiegare per fondazioni

Dovranno essere sani e di buona resistenza alla compressione, privi di parti alterate, di dimensioni massime comprese tra 15 e 25 cm ma senza eccessivi divari fra le dimensioni massime e minime misurate nelle diverse dimensioni.

l) Ciottoli da impiegare per i selciati

Dovranno essere sani, duri e durevoli, di forma ovoidale e le dimensioni limite verranno fissate dalla D.L. secondo l'impiego cui sono destinati.

m) Pietra naturale

Le pietre da impiegare nelle murature e nei drenaggi, gabbionate, ecc., dovranno essere sostanzialmente compatte ed uniformi, sane e di buona resistenza alla compressione, prive di parti alterate.

Dovranno avere forme regolari e dimensioni adatte al loro particolare impiego.

Le pietre grezze per murature frontali non dovranno presentare screpolature e peli, dovranno essere sgrossate col martello ed anche con la punta, in modo da togliere le scabrosità più sentite nelle facce viste e nei piani di contatto in modo da permettere lo stabile assestamento su letti orizzontali e in perfetto allineamento.

n) Pietre da taglio

Proverranno dalle cave che saranno accettate dalla Direzione dei Lavori; Esse dovranno essere sostanzialmente uniformi e compatte, sane e tenaci, senza parti alterate, vene, peli od altri

difetti, senza immasticature o tasselli. Esse dovranno corrispondere ai requisiti d'accettazione stabiliti nel- Regio Decreto n. 2232 del 16 novembre 1939, «Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione». Le forme, le dimensioni, il tipo di lavorazione dei pezzi, verranno di volta in volta indicati dalla Direzione dei Lavori.

o) Tufi

Le pietre di tufo dovranno essere di struttura compatta ed uniforme evitando quelle pomiciose e facilmente friabili.

p) Materiali laterizi

Dovranno corrispondere ai requisiti di accettazione stabiliti con R.D. 16 novembre 1939, n. 2233 «Norme per l'accettazione dei materiali laterizi» ed altre Norme UNì: 1607; 5628-65; 5629-65; 5630-65; 5631-65; 5632-65; 5633-65.

I materiali dovranno essere ben cotti, di forma regolare, con spigoli ben profilati e dritti; alla frattura dovranno presentare struttura fine ed uniforme e dovranno essere senza calcinaroli e impurità.

I forati e le tegole dovranno risultare di pasta fine ed omogenea, senza impurità, ben cotti, privi di nodi, di bolle, senza ghiaietto o calcinaroli, sonori alla percussione.

q) Manufatti di cemento

I manufatti di cemento di qualsiasi tipo dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione.

r) Materiali ferrosi

Saranno esenti da scorie, soffiature, saldature o da qualsiasi altro difetto.

In particolare essi si distinguono in:

1) acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica: dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086;

2) lamierino di ferro per formazione di guaine per armature per c.a.p.:  
dovrà essere del tipo laminato a freddo, di qualità extra dolce ed avrà spessore di 2/10 di mm;  
3) acciaio per apparecchi di appoggio e cerniere: dovrà soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14 febbraio 1992 in applicazione dell'art. 21 della Legge 5 novembre 1971, n. 1086.

s) Legnami

Da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno soddisfare a tutte le prescrizioni ed avere i requisiti delle precise categorie di volta in volta prescritte e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire da vero tronco e non dai rami, saranno diritti in modo che la congiungente i centri delle due basi non esca in alcun punto dal palo.

Dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e congruati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare il quarto del maggiore dei due diametri.

I legnami, grossolanamente squadri ed a spigolo smussato, dovranno avere tutte le facce spianate, tollerandosi in corrispondenza ad ogni spigolo l'alburno e lo smusso in misura non maggiore di 1/5 della minore dimensione trasversale dell'elemento.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadri a sega e dovranno avere tutte le facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta.

I legnami in genere dovranno corrispondere ai requisiti di cui al D.M. 30 ottobre 1912.

t) Bitumi - Emulsioni bituminose

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti «Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali - Caratteristiche per l'accettazione», Ed. maggio 1978; «Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali», Fascicolo n. 3, Ed. 1958; «Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali (Campionatura dei bitumi)», Ed. 1980.

u) Bitumi liquidi o flussati

Dovranno corrispondere ai requisiti di cui alle «Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per usi stradali», Fascicolo n. 7 - Ed. 1957 del C.N.R.

v) Polveri di roccia asfaltica

Le polveri di roccia asfaltica non devono contenere mai meno del 7% di bitume; possono essere ottenute miscelando i prodotti della macinazione di rocce con non meno del 6% e non più del 10% di bitume; possono anche essere trattate con olii minerali in quantità non superiori all' 1%.

Ai fini applicativi le polveri vengono distinte in tre categorie (I, II, III). Le polveri della I categoria servono per la preparazione a freddo di tappeti composti di polvere asfaltica, pietrischetto ed olio; le polveri della II categoria servono per i conglomerati, gli asfalti colati e le mattonelle; le polveri della III categoria servono come additivi nei conglomerati e per aggiunte ai bitumi ed ai catrami.

Le polveri di I e II categoria devono avere finezza tale da passare per almeno il 95% dal setaccio 2, U.N.I. - 2332.

Le polveri della III categoria devono avere la finezza prescritta per gli additivi stradali (norme C.N.R.).

Le percentuali e le caratteristiche dei bitumi estratti dalle polveri devono corrispondere ai valori indicati dalle tabelle riportate dalle Norme del C.N.R. - Ed. 1956.

w) Olii asfaltici

Gli olii asfaltici impiegati nei trattamenti superficiali con polveri asfaltiche a freddo vanno distinti a seconda della provenienza della polvere, abruzzese o siciliana, con la quale si devono impiegare e della stagione, estiva od invernale, in cui i lavori si devono eseguire.

Per la stagione invernale si dovranno impiegare olii tipo A, e per quella estiva olii tipo B. Tutti questi olii devono contenere al massimo lo 0,50% di acqua, ed al massimo il 4% di fenoli; le altre caratteristiche, poi, devono essere le seguenti:

- 1) olii di tipo A (invernale) per polveri abruzzesi: viscosità Engler a 250C da 3 a 6; distillato sino a 2300C al massimo il 15%; residuo a 3300C almeno il 25%; punto di rammollimento alla palla e anello 30 -e- 450C;
- 2) olii di tipo A (invernale) per polveri siciliane: viscosità Engler a 500C al massimo 10; distillato sino a 2300C al massimo il 10%; residuo a 3300C almeno il 45%; punto di rammollimento alla palla e anello 55 -e- 700C;
- 3) olii di tipo B (estivo) per polveri abruzzesi: viscosità Engler a 250C da 4 a 8; distillato sino a 2300C al massimo l'8%; residuo a 3300C almeno il 30%; punto di rammollimento alla palla e anello 35 -e- 500C;
- 4) olii di tipo B (estivo) per polveri siciliane: viscosità Engler a 500C al massimo 15%; distillato sino a 2300C al massimo il 5%; residuo a 3300C almeno il 50%; punto di rammollimento alla palla e anello 55 -e- 700C.

Per gli stessi impieghi si possono usare anche olii derivanti da catrame e da grezzi di petrolio, o da opportune miscele di catrame e petrolio, purché di caratteristiche analoghe a quelle soprariportate.

In caso di necessità gli olii possono venire riscaldati ad una temperatura non superiore a 600C.

#### x) Materiali per opere in verde

- 1) Terra: la materia da usarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali, dovrà essere terreno agrario, vegetale, proveniente da scortico di aree a destinazione agraria da prelevarsi fino alla profondità massima di m. 1,00.

Dovrà essere a reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea arbustiva permanente; esso dovrà risultare privo di ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.

2) Concimi: i concimi minerali semplici o complessi usati per le concimazioni dovranno essere di marca nota sul mercato nazionale; avere titolo dichiarato ed essere conservati negli involucri originali della fabbrica.

3) Materiale vivaistico: il materiale vivaistico potrà provenire da qualsiasi vivaio sia di proprietà dell'Impresa, sia da altri vivaisti, purché l'Impresa stessa dichiari la provenienza e questa venga accettata dalla Direzione Lavori, previa visita ai vivai di provenienza. Le piantine e talee dovranno essere comunque immuni da qualsiasi malattia parassitaria.

4) Semi: per il seme l'Impresa è libera di approvvigionarsi dalle ditte specializzate di sua fiducia; dovrà però dichiarare il valore effettivo o titolo della semente, oppure separatamente il grado di purezza ed il valore germinativo di essa. Qualora il valore reale del seme fosse di grado inferiore a quello riportato dalle tavole della Marchettano, l'Impresa sarà tenuta ad aumentare proporzionalmente le quantità di semi da impiegare per unità di superficie.

La Direzione Lavori, a suo giudizio insindacabile, potrà rifiutare partite di seme, con valore reale inferiore al 20% rispetto a quello riportato dalle tavole della Marchettano nella colonna «buona semente» e l'Impresa dovrà sostituirle con altre che rispondano ai requisiti voluti.

Per il prelievo dei campioni di controllo, valgono le norme citate in premessa nel presente articolo.

5) Zolle: queste dovranno provenire dallo scoticamento di vecchio prato polifita stabile asciutto, con assoluta esclusione del prato irriguo e del prato marcitoio. Prima del trasporto a piè d'opera delle zolle, l'Impresa dovrà comunicare alla Direzione Lavori i luoghi di provenienza delle zolle stesse e ottenere il preventivo benestare all'impiego. La composizione floristica della zolla dovrà risultare da un insieme giustamente equilibrato di specie leguminose e graminacee; sarà tollerata la presenza di specie non foraggere ed in particolare della *Achillea millefolium*, della *Plantago sp.pl.*, della *Salvia pratensis*, della *Bellis perennis*, del

Ranunculus sp.pl., mentre dovranno in ogni caso essere escluse le zolle con la presenza di erbe particolarmente infestanti fra cui Rumex sp.pl., Artemisia sp.pl., Catex sp.pl. e tutte le Umbrellifere.

La zolla dovrà presentarsi completamente rivestita dalla popolazione vegetale e non dovrà presentare soluzioni di continuità. Lo spessore della stessa dovrà essere tale da poter raccogliere la maggior parte dell'intrico di radici delle erbe che la costituiscono e poter trattenere tutta la terra vegetale e comunque non inferiore a cm 8; a tal fine non saranno ammesse zolle ricavate da prati cresciuti su terreni sabbiosi o comunque sciolti, ma dovranno derivare da prati coltivati su terreno di medio impasto o di impasto pesante, con esclusione dei terreni argillosi.

y) Teli di "geotessile"

Il telo «geotessile» avrà le seguenti caratteristiche:

— composizione: sarà costituito da polipropilene o poliestere senza l'impiego di collanti e potrà essere realizzato con le seguenti caratteristiche costruttive:

- 1) con fibre a filo continuo;
- 2) con fibre intrecciate con il sistema della tessitura industriale a "trama ed ordito
- 3) con fibre di adeguata lunghezza intrecciate mediante agugliatura meccanica.

Il telo «geotessile» dovrà altresì avere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

— coefficiente di permeabilità: per filtrazioni trasversali, compreso fra 10~ e 10-a cm/sec (tali valori saranno misurati per condizioni di sollecitazione analoghe a quelle in sito);

— resistenza a trazione: misurata su striscia di 5 cm di larghezza non inferiore a 600 N/5cm, con allungamento a rottura compreso fra il 10% e l'85%. Qualora nei tratti in trincea il telo debba assolvere anche funzione di supporto per i sovrastanti strati della pavimentazione, la D.L. potrà richiedere che la resistenza a trazione del telo impiegato sia non inferiore a 1200 N/5cm o a 1500 N/5cm, fermi restando gli altri requisiti.



Per la determinazione del peso e dello spessore del «geotessile» occorre effettuare le prove di laboratorio secondo le Norme C.N.R. pubblicate sul B.U. n. 110 del 23.12.1985 e sul B.U. n. 111 del 24.12.1985.

## 5.1 PROVE SUI MATERIALI

### a) Certificato di qualità

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, conglomerati bituminosi, conglomerati cementizi, barriere di sicurezza, terre, cementi, calci idrauliche, acciai, ecc...) prescritti- dalle presenti Norme Tecniche dovrà esibire prima dell'impiego, al Direttore dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i relativi «Certificati di qualità» rilasciati da un Laboratorio ufficiale.

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

I certificati che dovranno essere esibiti tanto se i materiali sono prodotti direttamente, quanto se prelevati da impianti, da cave, da stabilimenti anche se gestiti da terzi, avranno una validità biennale. I certificati dovranno comunque essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

### b) Accertamenti preventivi

Prima dell'inizio dei lavori comportanti l'impiego di materiali in quantità superiori a:

- 1.000 m<sup>3</sup> per i materiali lapidei e conglomerati bituminosi,
- 500 m<sup>3</sup> per i conglomerati cementizi,

50 t per i cementi e le calci,  
5.000 m per le barriere,

il Direttore dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'impresa, disporrà, se necessario (e a suo insindacabile giudizio) ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati ditali accertamenti fossero difforni rispetto a quelli dei certificati, si darà luogo alle necessarie variazioni qualitative e quantitative dei singoli componenti, ed all'emissione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi nell'inizio dei lavori derivanti dalle difformità sopra accennate e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale sarà applicata la penale prevista nell'Art. «Tempo utile per dare compiuti i lavori - penalità in caso di ritardo» delle Norme Generali.

c) Prove di controllo in fase esecutiva

L'impresa sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Stazione appaltante.

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 e nei modi più adatti a garantirne l'autenticità e la conservazione.

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

## 6. SCAVI E RINTERRI

---

### 6.1 MOVIMENTI DI TERRE

#### A) Tracciamenti

Prima di porre mano ai lavori di sterro o riporto, l'Impresa è obbligata ad eseguire la picchettatura 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 stabilire, nei tratti che fosse per indicare la Direzione dei lavori, le modine o garbe necessarie a determinare con precisione l'andamento delle scarpate tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelli manomessi durante la esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori in terra siano connesse opere murarie, l'Appaltatore dovrà procedere al tracciamento di esse, pure con l'obbligo della conservazione dei picchetti, ed eventualmente, delle modine, come per i lavori in terra.

#### B) Scavi e rialzi in genere

Gli scavi ed i rialzi 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.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Impresa potrà ricorrere all'impiego di mezzi meccanici.

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 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 a pagina seguente.

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 D.L., 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 nel cap. "Qualità e provenienza dei materiali", punto y).

Classificazione generale		Terre ghiaio-sabbiose							Terre limo –argilose					Torbe e terre organiche palustri		
Gruppo		Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332<= 35%							Frazione passante allo staccio 0.075 UNI 2332 > 35%							
		A1		A3	A2			A4	A5	A6	A7-5	A7-6	A8			
		A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7								
Analisi granulometrica. Frazione passante allo staccio																
2 UNI 2332 %		=<50														
0.4 UNI 2332 %		=<30	=<50	>50												
0.075 UNI 2332 %		=<15	=<25	=<10	=<35	=<35	=<35	=<35	<35	<35	<35	<35				
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0.4 UNI 2332																
Limite liquido																
Indice di plasticità		=<6			=<40	>40	=<40	>40	=<40	>40	>40	>10	>10			
					=<10	=<10max	>10	>10	=<10	>10	>10	>10	(IP =<LL-30)			
Indice di gruppo		0	0	0	0			=<4	=<8	=<12	=<16	=<20				
Tipi usuali dei materiali caratteristici costituenti il gruppo		Ghiaia o breccia Ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane	Sabbia fine	Ghiaia e sabbia limosa o argillosa				Limi poco compressibili	Limi poco compressibili	Argille poco compressibili	Argille fortemente compressibili <i>medie</i> plastiche	Argille fortemente compressibili <i>medie</i> plastiche	Torbe di recente o remota formazione, detriti organici di origine palustre			
Qualità portanti quale terreno di sottofondo in assenza di gelo		Da eccellente a buono			Da mediocre a scadente									Da scartare come sottofondo		
Azione del gelo sulle qualità portanti del terreno di sottofondo		Nessuna o lieve			media			Molto elevata			media	elevata	media			
Ritiro o rigonfiamento		nullo			Nullo o lieve			Lieve o medio			elevato	elevato	Molto elevato			
Persistibilità		elevata			Media o scarsa									Scarsa o nulla		
Identificazione dei terreni in sito		Facilmente individuabile a vista	Aspri al contatto – Incoerenti allo stato sciolti	La maggior parte dei granuli sono individuabili ad occhio nudo – Aspri al tatto – una tenacità media o elevata allo stato asciutto indica la presenza di argilla				Reagiscono alla prova i scuotimento polverulenti o poco tenaci allo stato asciutto non facilmente modellabili allo stato umido				Non reagiscono alla prova di scuotimento tenaci allo stato asciutto facilmente modellabili in bastoncini sottili allo stato umido			Fibrasi di color bruno o nero facilmente individuabili a vista	
*prova di cantiere che può servire a distinguere i limi delle argille. Si esegue scuotendo nel palmo della mano un campione di terra bagnata e comprimendolo successivamente fra le dita. La terra reagisce alla prova se, dopo lo scuotimento, apparirà sulla superficie un velo lucido di acqua libera, che scomparirà comprimendo il campione fra le dita.																

### C) Formazione dei piani di posa dei rilevati

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 30 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 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> (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 30 al di sotto del piano di campagna appartengono ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> (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 A<sub>1</sub> e A<sub>3</sub>. 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 potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate se ordinato dalla Direzione dei Lavori mediante ordine di servizio.

E' 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.

Per terreni di natura torbosa o comunque ogni qualvolta la Direzione dei Lavori non ritenga le precedenti lavorazioni atte a costituire un idoneo piano di posa per i rilevati, la Direzione stessa ordinerà tutti quegli interventi che a suo giudizio saranno ritenuti adatti allo scopo, i quali saranno eseguiti dall' Impresa a misura in base ai prezzi di elenco.

Si precisa che quanto sopra vale per la preparazione dei piani di posa dei rilevati su terreni naturali.

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). Il valore di ME 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 N/mm<sup>2</sup>, non dovrà essere inferiore a 15 N/mm<sup>2</sup>.

#### D) 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 A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> (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 A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub>, A<sub>3</sub> (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 sarà 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 N/mm<sup>2</sup>, non dovrà essere inferiore a 50 N/mm<sup>2</sup>.

#### E) Formazione dei rilevati

1. 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.

2. Nella formazione dei rilevati saranno innanzitutto impiegate le materie provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria appartenenti ad uno dei seguenti gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> 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 2 costipato, dovrà essere costituito da terre dei gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2.4</sub>, A<sub>2.5</sub>, A<sub>3</sub> 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 A<sub>1</sub>, A<sub>2.4</sub>, A<sub>2.5</sub>, A<sub>3</sub> da prelevare in cava di prestito. Per quanto riguarda le materie del gruppo A<sub>4</sub> provenienti dagli scavi, la Direzione dei Lavori prima dell'impiego potrà ordinarne l'eventuale correzione.

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.

3. Per quanto riguarda il materiale proveniente da scavi di sbancamento e di fondazione appartenenti ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> si esaminerà di volta in volta l'eventualità di portarlo a rifiuto ovvero di utilizzarlo previa idonea correzione.

4. I rilevati con materiali corretti potranno essere eseguiti dietro ordine della Direzione dei Lavori solo quando vi sia la possibilità di effettuare un tratto completo di rilevato ben definito delimitato tra due sezioni trasversali del corpo stradale.

5. 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 a rifiuto fuori della sede stradale, a debita distanza dai cigli, e sistemate convenientemente, restando a carico dell'impresa ogni spesa, ivi compresa ogni indennità per occupazione delle aree di deposito ed il rilascio delle autorizzazioni necessarie da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio.

6. Fintanto che non siano state esaurite per la formazione dei rilevati tutte le disponibilità dei materiali idonei provenienti dagli scavi di sbancamento, di fondazione od in galleria, le eventuali cave di prestito che l'Impresa volesse aprire, ad esempio per economia di trasporti, saranno a suo totale carico. L'Impresa non potrà quindi pretendere sovrapprezzi, né prezzi diversi da quelli stabiliti in elenco per la formazione di rilevati con utilizzazione di materie provenienti dagli scavi di trincea, opere d'arte ed annessi stradali, qualora, pure essendoci disponibilità ed idoneità di queste materie scavate, essa ritenesse di sua convenienza, per evitare rimaneggiamenti o trasporti a suo carico, di ricorrere, in tutto o in parte, a cave di prestito.

7. Qualora una volta esauriti i materiali provenienti dagli scavi ritenuti idonei in base a quanto sopra detto, occorressero ulteriori quantitativi di materie per la formazione dei rilevati,

l'Impresa potrà ricorrere al prelevamento di materie da cave di prestito, sempre che abbia preventivamente richiesto ed ottenuto l'autorizzazione da parte della Direzione dei Lavori.

8. E' fatto obbligo all'Impresa di indicare le cave, dalle quali essa intende prelevare i materiali costituenti i rilevati, alla Direzione dei Lavori che si riserva la facoltà di fare analizzare tali materiali presso Laboratori ufficiali sempre a spese dell' Impresa.

Solo dopo che vi sarà l'assenso della Direzione dei Lavori per l'utilizzazione della cava, l'Impresa è autorizzata a sfruttare la cava per il prelievo dei materiali da portare in rilevato. L'accettazione della cava da parte della Direzione dei Lavori non esime l'impresa dall'assoggettarsi in ogni periodo di tempo all'esame delle materie che dovranno corrispondere sempre a quelle di prescrizione e pertanto, ove la cava in seguito non si dimostrasse capace di produrre materiale idoneo per una determinata lavorazione, essa non potrà più essere coltivata.

9. Per quanto riguarda le cave di prestito l'Impresa, dopo aver ottenuto la necessaria autorizzazione da parte degli Enti preposti alla tutela del territorio, è tenuta a corrispondere le relative indennità ai proprietari di tali cave e a provvedere a proprie spese al sicuro e facile deflusso delle acque che si raccogliessero nelle cave stesse, evitando nocivi ristagni e danni alle proprietà circostanti e sistemando convenientemente le relative scarpate, in osservanza anche di quanto è prescritto dall'art. 202 del T.U. delle leggi sanitarie 27 luglio 1934, n. 1265 e dalle successive modifiche; dal T.U. delle leggi sulla bonifica dei terreni paludosi 30 dicembre 1923, n. 3267, successivamente assorbito dal testo delle norme sulla Bonifica Integrale approvato con R.D. 13 febbraio 1933, n. 215 e successive modifiche.

10. Il materiale costituente il corpo del rilevato dovrà essere messo in opera a strati di uniforme spessore, 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, 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 N/mm<sup>2</sup>, non dovrà essere inferiore a 50 N/mm<sup>2</sup>.

Ogni strato sarà costipato alla densità sopra specificata procedendo alla preventiva essiccazione del materiale se troppo umido, oppure al suo innaffiamento, se troppo secco, in modo da conseguire una umidità non diversa da quella ottima predeterminata in laboratorio, ma sempre inferiore al limite di ritiro.

L'Impresa non potrà procedere alla stesa degli strati successivi senza la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori.

Ogni strato dovrà presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti.

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.

Le attrezzature di costipamento saranno lasciate alla libera scelta dell'Impresa ma dovranno comunque essere atte ad esercitare sul materiale, a seconda del tipo di esso, un genere di energia costipante tale da assicurare il raggiungimento delle densità prescritte e previste per ogni singola categoria di lavoro.

Pur lasciando libera la scelta del mezzo di costipamento da usare, si prescrive per i terreni di rilevati riportabili ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> un costipamento a carico dinamico sinusoidale e per terreni di rilevati riportabili ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, A<sub>7</sub> un costipamento mediante rulli a punte e carrelli pigiatori gommati.

In particolare, in adiacenza dei manufatti, che di norma saranno costruiti prima della formazione dei rilevati, i materiali del rilevato dovranno essere del tipo A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> e costipati con energia dinamica di impatto.

La Direzione dei Lavori si riserva comunque la facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante mescolazione in sito del legante in ragione di 25 50 Kg per m<sup>3</sup> di materiale compattato.

Tale stabilizzazione dovrà, se ordinato, interessare un volume di rilevato la cui sezione, secondo l'asse stradale, può assimilarsi in un trapezio con base minore di m 2, base maggiore di m 15 ed altezza pari a quella del manufatto.

11. Il materiale dei rilevati potrà essere messo in opera durante i periodi le cui condizioni meteorologiche siano tali, a giudizio della Direzione dei Lavori, da non pregiudicare la buona riuscita del lavoro.

12. 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.

13. In alcuni casi la D.L. 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. e tenendo presente che per tale caso particolare la resistenza a trazione del telo non dovrà essere inferiore a 1200 N/5 cm.

#### F) Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento si intendono quelli occorrenti per l'apertura della sede stradale, piazzali ed opere accessorie, quali ad esempio: gli scavi per tratti stradali in trincea, per lavori di spianamento del terreno, per taglio delle scarpate delle trincee o dei rilevati, per formazione ed approfondimento di piani di posa dei rilevati, di cunette, cunettoni, fossi e canali, nonché quelli per impianto di opere d'arte praticati al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del piano di campagna lungo il perimetro di scavo e lateralmente aperti almeno da una parte.

Questo piano sarà determinato con riferimento all'intera area di fondazione dell'opera. Ai fini di questa determinazione, la Direzione dei Lavori, per fondazione di estensione notevole, si riserva la facoltà insindacabile di suddividere l'intera area in più parti.

L'esecuzione degli scavi di sbancamento può essere richiesta dalla Direzione dei Lavori anche a campioni di qualsiasi tratta senza che l'Impresa possa pretendere, per ciò, alcun compenso o maggiorazione del relativo prezzo di elenco.

#### G) Scavi di fondazione

Per scavi di fondazione si intendono quelli relativi all'impianto di opere murarie e che risultino al di sotto del piano di sbancamento, chiusi, tra pareti verticali riproducenti il perimetro della fondazione dell'opera.

Gli scavi occorrenti per la fondazione delle opere d'arte saranno spinti fino al piano che sarà stabilito dalla Direzione dei Lavori.

Il piano di fondazione sarà perfettamente orizzontale o sagomato a gradini con leggera pendenza verso monte per quelle opere che cadono sopra falde inclinate.

Anche nei casi di fondazioni su strati rocciosi questi ultimi debbono essere convenientemente spianati a gradino, come sopra.

Gli scavi di fondazione comunque eseguiti saranno considerati a pareti verticali e l'Impresa dovrà, all'occorrenza, sostenerli con convenienti sbadacchiature, compensate nel relativo prezzo dello scavo, restando a suo carico ogni danno alle persone, alle cose e all'opera, per smottamenti o franamenti del cavo.

Nel caso di franamento dei cavi, è a carico dell'Impresa procedere al ripristino senza diritto a compensi.

Dovrà essere cura dell'Impresa eseguire le armature dei casseri di fondazione con la maggiore precisione, adoperando materiale di buona qualità e di ottime condizioni, di sezione adeguata agli sforzi cui verrà sottoposta l'armatura stessa ed adottare infine ogni precauzione ed

accorgimento, affinché l'armatura dei cavi riesca la più robusta e quindi la più resistente, sia nell'interesse della riuscita del lavoro sia per la sicurezza degli operai adibiti allo scavo.

L'impresa è quindi l'unica responsabile dei danni che potessero avvenire alle persone ed ai lavori per deficienza od irrazionalità delle armature; è escluso in ogni caso l'uso delle mine.

Gli scavi potranno, però, anche essere eseguiti con pareti a scarpa, ove l'Impresa lo ritenga di sua convenienza.

In questo caso non sarà compensato il maggior scavo oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera e l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, al riempimento, con materiale adatto, dei vuoti rimasti intorno alla fondazione dell'opera.

Sono considerati come scavi di fondazione subacquei soltanto quelli eseguiti a profondità maggiore di m 0,20 (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono naturalmente le acque filtranti nei cavi di fondazione.

Ogni qualvolta si troverà acqua nei cavi di fondazione in misura superiore a quella suddetta, l'Appaltatore dovrà provvedere mediante pompe, canali fugatori, ture, o con qualsiasi mezzo che ravvisasse più opportuno o conveniente, ai necessari aggettamenti, che saranno compensati a parte ove non sia previsto il prezzo di elenco relativo a scavi subacquei.

In tale prezzo si intende contrattualmente compreso l'onere per l'Impresa dell'aggettamento dell'acqua durante la costruzione della fondazione in modo che questa avvenga all'asciutto.

L'Impresa sarà tenuta ad evitare la raccolta dell'acqua proveniente dall'esterno nei cavi di fondazione; ove ciò si verificasse resterebbe a suo totale carico la spesa per i necessari aggettamenti.

Nella costruzione dei ponti è necessario che l'Impresa provveda, fin dall'inizio dei lavori, ad un adeguato impianto di pompaggio, che, opportunamente graduato nella potenza dei gruppi impiegati, dovrà servire all'esaurimento dell'acqua di filtrazione dall'alveo dei fiumi o canali.

Naturalmente tale impianto idrovoro, che converrà sia suddiviso in più gruppi per far fronte alle esigenze corrispondenti alle varie profondità di scavo, dovrà essere montato su apposita

incastellatura che permetta lo spostamento dei gruppi, l'abbassamento dei tubi di aspirazione ed ogni altra manovra inerente al servizio di pompaggio.

L'impresa, per ogni cantiere, dovrà provvedere a sue spese al necessario allacciamento dell'impianto nonché alla fornitura ed al trasporto sul lavoro dell'occorrente energia elettrica, sempre quando l'Impresa stessa non abbia la possibilità e convenienza di servirsi di altra forza motrice. L'impianto dovrà essere corredato, a norma delle vigenti disposizioni in materia di prevenzione degli infortuni, dei necessari dispositivi di sicurezza restando l'Amministrazione appaltante ed il proprio personale sollevati ed indenni da ogni responsabilità circa le conseguenze derivate dalle condizioni dell'impianto stesso.

Per gli scavi di fondazione si applicheranno le norme previste dal D.M. 11 marzo 1-983- (S.O. alla I.U. n. 27 dell'01.06.1-9&8).

#### H) Riempimenti degli scavi

Il riempimento degli scavi per dar luogo ai collettori fognari dovrà essere eseguito per tutta la sezione scavata con materiale betonabile.

Il suddetto materiale dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Pozzolana fine  $m^3$  0.50;

Granello di pozzolana pezzatura mm 5 – 15  $m^3$  0.75;

Cemento tipo 325 q.le 1.00;

Acqua  $m^3$  0.439.

La miscela betonabile così composta dovrà avere le seguenti caratteristiche di resistenza:

A 24 ore dal riempimento =  $2N/cm^2$ ;

A 28 giorni dal riempimento =  $15N/cm^2$

La resistenza dovrà essere tale da garantire la demolibilità del materiale con l'uso di un semplice piccone e la palpabilità dello stesso. Le resistenze a compressione saranno misurate su cubetti direttamente prelevati in cantiere, sottoposti a prove di compressione secondo le norme vigenti per i calcestruzzi, su richiesta della D.L.

## 7. DEMOLIZIONI - RIMOZIONI – TRASPORTI

### 7.1 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 la adozione di puntellature e sbadacchiature.

I materiali provenienti da tali demolizioni resteranno di proprietà dell'Amministrazione.

La Direzione dei Lavori si riserva di disporre, con sua facoltà insindacabile, l'impiego dei suddetti materiali utili per la esecuzione dei lavori appaltati.

I materiali non utilizzati provenienti dalle demolizioni dovranno sempre, e al più presto, venire trasportati, a cura e spese dell'Appaltatore, a rifiuto 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.

Nell'esecuzione delle demolizioni è consentito anche l'uso delle mine, nel rispetto delle norme vigenti.

### 7.2 RIMOZIONI

Nella rimozione di opere di delimitazione di aree di intervento dovrà essere osservata la massima cura per evitare situazioni di pericolo determinatesi a seguito dell'abbattimento di tali delimitazioni e protezioni, predisponendo idonei accorgimenti al riguardo siano essi provvisori o definitivi.



Nell'eseguire le rimozioni deve essere provveduto da parte dell'Impresa il trasporto a rifiuto dei materiali non riutilizzabili ad esclusivo giudizio della Direzione lavori.

### 7.3 TRASPORTI

Il servizio dei trasporti di materiali a volume, a numero od a peso non ha alcun limite né di luogo, né di quantità, né di tempo.

Il trasporto a volume si riferisce a tutte le terre, detriti, calcinacci, melme, immondizie, ovvero a materiali da costruzioni terrosi o minuti, malte, ghiaie, pietrisco, arena, pozzolana, mattoni, scheggiosi di selce o di tufo, ecc.

Il prezzo del trasporto eseguito con mezzi meccanici compensa ogni spesa di carburante, lubrificanti, le mercedi del personale di manovra, il deterioramento e la manutenzione dei mezzi meccanici stessi, nonché il compenso per le operazioni di carico e scarico con ogni aiuto di opera manuale o meccanica, e le assicurazioni previste dalle leggi vigenti relative agli automezzi.

Il volume delle materie trasportate deve essere misurato sul posto prima delle demolizioni, scavi, ecc. e senza, quindi, tener conto dell'aumento del volume delle materie scavate, estratte o demolite.

Nei lavori complessi di movimenti di terra, il trasporto delle terre esuberanti agli scarichi sarà desunto dalla differenza fra il volume di tutti gli scavi e sterri e quello di tutti i riporti e riempimenti qualunque sia stato l'ordine ed il tempo nel quale furono eseguiti i diversi movimenti di terra, senza tener alcun conto dell'aumento di volume delle materie scavate, né dell'incompleto assestamento delle materie riportate.

La misura del volume dei materiali sciolti come ghiaia, pietrisco, pozzolane, malte, pietra, scheggiosi, mattoni, melme, immondizie, ecc., ove sia ritenuto necessario alla Direzione Lavori ai fini della esatta cubatura, si effettuerà in stipe regolarmente conformate o in cassoni di misura da fornirsi dall'appaltatore a sue spese o si ricaverà da quella dei recipienti o dei veicoli in cui le materie verranno contenute o trasportate.

Ciò in quanto con i prezzi dei trasporti si paga non soltanto l'operazione del trasporto, del carico e dello scarico, ma anche la regolare disposizione in stipe delle materie tutte, se non diversamente disposto.

Ove trattasi di trasporto di terre, nel prezzo è compreso di disporre le terre di scarico in regolari riporti di dimensioni, livello e scarpate quali saranno all'appaltatore ordinati.

Quando il luogo o i luoghi di scarico non vengano designati dall'Amministrazione si intende che l'Appaltatore dovrà valersi degli scarichi pubblici o procurarsene altri autorizzati a sua cura e spese e fornendo vidimazione d'identificazione del rifiuto trasportato, secondo le norme vigenti.

#### 7.4 OPERE PROVVISORIALI

Le opere provvisorie sono mezzi o sussidi o comodità attinenti la esecuzione dei lavori, sono da considerarsi come obbligo inerente la esecuzione degli stessi lavori in sicurezza e restano generalmente compensate con i prezzi stabiliti per le varie attività.

I prezzi delle opere provvisorie da effettuarsi, anche quando sono oggetto di specifici compensi, comprendono tutti gli oneri derivanti dalle difficoltà di accesso ai luoghi, dalla necessità di tiro in alto o in basso, dalla presenza di acqua, dalla guardiania diurna e notturna, dalla necessità di illuminazione e dalle predisposizioni di progetto e di relazione tecnica (quando necessari).

Le opere provvisorie debbono essere mantenute in perfetto stato di utilizzo da parte dell'Appaltatore e debbono essere eseguite tempestivamente qualora richiesto dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore è obbligato a concedere gratuitamente l'uso dei ponti di servizio, da lui predisposti, per far eseguire opere che l'amministrazione intendesse eventualmente concedere ad altri nello stesso luogo e tempo.

A) Palancolato Metallico

Per la esecuzione di scavi in presenza di acqua, potranno essere usate a contorno e difesa degli stessi scavi, palancolati metallici con palancole tipo “LARSEN”.

L’Impresa dovrà sottoporre alla preventiva approvazione della D.L. le caratteristiche delle palandole che intende usare ed in modo particolare il loro peso, la loro lunghezza ed i profili.

## 8. CONGLOMERATI – ACCIAI - CASSEFORMI

### 8.1 PARATIE DI PALI SECANTI

Durante l'esecuzione dei lavori ed a fine degli stessi, dovranno essere continuamente monitorati gli edifici vicini per eventuali effetti collaterali indotti dalle lavorazioni. Ogni eventuale danno ai manufatti dovrà essere risarcito dalla ditta esecutrice.

In via preliminare dovranno essere realizzati cordoli sagomati nella parte interna in modo tale da costituire guida al successivo scavo dei pali.

L'esecuzione dei pali dovrà avvenire in maniera alternata prevedendo dapprima l'esecuzione dei pali primari ed in secondo luogo quelli secondari.

#### Tolleranze geometriche

Rispetto alle dimensioni indicate nei disegni di progetto, in fase di progettazione esecutive e analogamente in esecuzione dovranno essere ammesse le seguenti tolleranze:

- la sovrapposizione tra i pali deve essere almeno pari al 15% del diametro;
- lo scostamento dalla verticale deve essere minore dello 0.5% ovvero minore della lunghezza della corda in direzione trasversale alla direttrice della paratia;
- lo scostamento della verticale deve essere minore dello 0.5% ovvero minore della lunghezza di

sovrapposizione dei pali in direzione longitudinale

- sulle coordinate planimetriche: @ 5 cm;
- sulla profondità: da -10 cm a +50 cm di approfondimento.

I controlli di verticalità dovranno essere eseguiti con inclinometri applicati sulle aste di perforazione

e/o, prima dei getti, con sonde ad ultrasuoni. Tutte le apparecchiature di controllo della verticalità devono essere dotati di strumenti di registrazione digitali. Tali dati opportunamente catalogati dovranno essere consegnati con frequenza settimanale alla Direzione Lavori.

### Preparazione del piano di lavoro e generalità

Una volta iniziata l'esecuzione del singolo palo, le lavorazioni dovranno essere proseguite senza soluzione alcuna di continuità fino a dare il palo stesso ultimato alla quota richiesta.

Qualora, per guasti ai macchinari, si debba sospendere la trivellazione od il getto, l'Appaltatore dovrà darne immediato avviso all'Ufficio di Direzione Lavori, che si riserva di degradare o di non accettare il palo interrotto.

La perforazione deve essere eseguita in maniera tale da:

- evitare il verificarsi di fenomeni di rilascio, di sifonamento e di sgrottamento del terreno;
- attraversare terreni di qualsiasi natura e consistenza, anche rocciosi;
- evitare, per quanto è possibile, sensibili effetti dinamici e di vibrazione, anche nel caso in cui si debba usare lo scalpello;
- garantire la richiesta verticalità del manufatto.

La trivellazione può essere eseguita o con circolazione rovescia di fanghi in cui opera un utensile

disgregatore azionato a rotazione o con fanghi in quiete in cui opera la benna di scavo costituita da bucket, carotiere, o altro sistema, o con l'ausilio di una colonna di rivestimento provvisoria, (tubo forma) tale da garantire la stabilità dello scavo e/o la continuazione delle operazioni di scavo se posto in opera prima della conclusione della perforazione in cui opera la benna di scavo costituita da bucket, carotiere, o altro utensile (ad esempio lo scalpello).

Per diminuire la decompressione sia del terreno sottostante sia delle pareti del foro, il bucket dovrà avere diametro inferiore a quello del palo e dovrà essere dotato di denti alesatori per mezzo dei quali si raggiunge, durante le perforazioni, il diametro nominale del palo stesso, con la sola tolleranza del 5% in più che, comunque, non è presa in considerazione al fine di un diverso carico di esercizio da affidare al singolo palo.

Al termine della perforazione si dovrà procedere all'accurato sgombero del terreno smosso e dei detriti di perforazione depositatisi sul fondo del foro.

### Esecuzione del getto

Il conglomerato cementizio dovrà essere messo in opera in modo continuo mediante impiego di tubo o tubi di convogliamento con giunzioni filettate od a manicotto; durante la fase di getto, il tubo od i tubi dovranno restare immersi nel conglomerato cementizio per almeno 1,5 m e devono arrestarsi a 25 cm dal fondo della perforazione.

Durante le operazioni di getto a mezzo di un apposito scandaglio si dovrà misurare ad intervalli regolari il livello via via raggiunto dal conglomerato. Il getto del conglomerato dovrà essere prolungato per un tratto di lunghezza compresa tra 60 e 100 cm al di sopra della quota prescritta dal progetto; contemporaneamente alla fase di getto del cls si provvederà all'estrazione graduale dell'eventuale colonna di rivestimento provvisorio o del tubo forma.

### Armatura

le gabbie di armatura dovranno essere dotate di opportuni distanziatori atti a garantire la centratura dell'armatura; il copriferro netto rispetto alla parete di scavo per le gabbie verticali dovrà essere di almeno 7,5cm.

### Documentazione dei lavori

L'esecuzione di ogni palo dovrà comportare la registrazione su apposita scheda, compilata dall'Appaltatore in contraddittorio con l'Ufficio di Direzione Lavori, dei seguenti dati:

- identificazione del palo;
- data di inizio perforazione e di fine getto;
- risultati dei controlli eseguiti sul fango eventualmente usato per la perforazione;
- profondità del fondo cavo prima della posa del tubo getto;
- "slump" del conglomerato cementizio;
- assorbimento totale effettivo del conglomerato cementizio e volume teorico dell'elemento palo;

- profilo di getto (andamento del diametro medio effettivo lungo il palo) ove richiesto;
- risultati delle prove di rottura a compressione semplice di provini di conglomerato cementizio.

Alla documentazione generale dovrà inoltre essere allegata:

- una scheda con le caratteristiche delle polveri bentonitiche e relativi additivi eventualmente usati;
- una scheda con le caratteristiche dei componenti del conglomerato cementizio.

#### Controlli

L'Appaltatore a sua cura e spese dovrà provvedere all'esecuzione di:

- una analisi granulometrica ogni 500 mc di aggregato impiegato;
- una serie di prove di carico a rottura su cubetti di conglomerato cementizio prelevati in numero e con modalità conformi a quanto prescritto dalla vigente normativa ed inoltre a quanto richiesto dall'Ufficio di Direzione Lavori;
- una prova con il cono di Abrams per il conglomerato cementizio impiegato per il getto di un palo o in un numero maggiore se richiesto dall'Ufficio di Direzione Lavori;
- il rilievo della quantità di conglomerato cementizio impiegato per ogni elemento di palo;
- ogni 10 elementi ed ogni qualvolta l'Ufficio di Direzione Lavori lo richieda, il rilievo dose per dose

(dose = autobetoniera) del livello del conglomerato cementizio entro il foro in corso di getto, in modo da poter ricostruire l'andamento del diametro medio effettivo lungo il palo (profilo di getto), si impiegherà allo scopo uno scandaglio a base piatta.

#### Controlli non distruttivi sui pali

Scopo dei controlli non distruttivi è quello di verificare le caratteristiche geometriche e meccaniche degli elementi di palo non compromettendone l'integrità strutturale.

A tale scopo potrà essere richiesta a campione l'esecuzione di:

- a) misure di cross-hole;
- b) carotaggio continuo meccanico.

Per tutti i controlli non distruttivi l'Appaltatore provvederà a sottoporre all'Ufficio di Direzione Lavori per approvazione il programma e le specifiche tecniche di dettaglio.

Le tubazioni occorrenti per l'esecuzione di prove di cross-hole dovranno essere realizzate a tenuta stagna con impiego di tubi gas commerciali neri, serie normale, aventi diametro nominale di 50 mm, spessore non inferiore ai 2 mm e lunghezza tale da raggiungere, in profondità, la quota di fondo del palo prescritta dal progetto e sporgere verso l'alto di almeno 30 cm dal piano di lavoro, con chiusura di protezione in sommità.

Tali tubi, chiusi all'estremità inferiore con un tappo in acciaio, pure a tenuta stagna, debbono essere fissati all'armatura metallica in modo tale da garantire che la distanza mutua dei tubi stessi, lungo l'intero percorso, durante le successive operazioni, non subisca variazioni superiori al 5% rispetto alla distanza misurabile in sommità.

Prima dell'inizio del getto deve essere verificato per tutta la lunghezza di ciascun tubo, il libero scorrimento di un cilindro di diametro non inferiore a 40 mm e di lunghezza non inferiore a 700 mm.

Al termine delle prove, che l'Ufficio di Direzione Lavori, con l'assistenza dell'Appaltatore, esegue come indicato di seguito, l'Appaltatore deve riempire le tubazioni con malta cementizia.

- a) Misure di cross-hole

Le misure di cross-hole (impulso su percorso orizzontale) sonico, consistono nella registrazione delle modalità di propagazione di un impulso sonico nel conglomerato cementizio interposto tra due tubi di misura.



Prima dell'esecuzione della prova i tubi devono essere riempiti con acqua dolce, a cura dell'Appaltatore.

In uno di questi tubi viene introdotta la sonda emettitrice, nell'altro quella ricevitrice.

Le due sonde vengono contemporaneamente fatte scorrere parallelamente all'interno dei due tubi; ad intervalli regolari di profondità, la sonda emettitrice genera un impulso sonico che raggiunge l'altra sonda dopo aver attraversato il conglomerato cementizio.

Il segnale sonico modula il pennello elettronico di un oscilloscopio la cui traccia, sincronizzata sull'istante di emissione, viene fatta traslare della stessa quantità ad ogni emissione di impulso.

Un'apparecchiatura tipo Polaroid, applicata allo schermo dell'oscilloscopio, registra fotograficamente l'escursione della traccia modulata.

Il risultato è una diagrafia a "densità variabile" che rappresenta in modo evidente l'integrità o l'eventuale presenza di anomalie del conglomerato cementizio nella zona compresa tra i due tubi.

Le misure vengono eseguite a partire dal fondo del palo. L'emissione dei segnali avviene di norma ogni 2 cm di profondità. La scala dei tempi (ascisse) è di 50 oppure 100 microsecondi/div. in funzione della

lunghezza del percorso di misura. La scala di profondità è di 1,25 m/div; su ogni fotogramma viene rappresentata una porzione di 10 m di palo.

Nel caso di riscontro di anomalie di trasmissione le misure devono essere ripetute su percorso inclinato.

#### b) Carotaggio continuo meccanico

Il carotaggio dovrà 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 di imposta. Allo scopo saranno impiegati doppi carotieri provvisti di corona diamantata aventi diametro interno minimo pari a mm 60.

Nel corso della perforazione dovranno essere rilevate le caratteristiche macroscopiche del conglomerato e le discontinuità eventualmente presenti, indicando in dettaglio la posizione ed il tipo delle fratture, le percentuali di carotaggio, le quote raggiunte con ogni singola manovra di avanzamento. Su alcuni spezzoni di carota saranno eseguite prove di laboratorio atte a definire le caratteristiche fisiche, meccaniche e chimiche.

Al termine del carotaggio si provvederà a riempire il foro mediante boiaccia di cemento immessa dal fondo foro.

Il carotaggio si eseguirà, a cura e spese dell'Appaltatore, in corrispondenza di quegli elementi di diaframma che l'Ufficio di Direzione Lavori riterrà opportuno. Detto carotaggio potrà essere richiesto, a cura e spese dell'Appaltatore, anche dal Collaudatore delle opere.

## 8.2 CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI OD ARMATI

Normativa di riferimento

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle seguenti normative:

- della Legge 5 novembre 1971, n. 1086 " Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica" (G.U. n. 321 del 21.12.1971);
  - del Decreto del Presidente della Repubblica n° 380 del 6 giugno 2001, "Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" (S.O. n. 239 alla G.U. n. 245 del 20-10-2001);
  - del D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni" (S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 4-2-2008) e norme o documenti esplicitamente richiamati dal Decreto Ministeriale.
- Gli elaborati di progetto, dovranno indicare tutte le tipologie di calcestruzzo (come meglio specificato nel seguito) ed i tipi di acciaio da impiegare.

Classificazione dei conglomerati cementizi

Tutti i calcestruzzi impiegati saranno a “prestazione garantita”, in conformità alla UNI EN 206-1.

Ciascuna tipologia di conglomerato dovrà soddisfare i seguenti requisiti in accordo con quanto richiesto dalle norme UNI 11104 e UNI EN 206-1 in base alla classe (ovvero alle classi) di esposizione ambientale dell'opera cui il calcestruzzo è destinato:

- massimo rapporto (a/c);
- classe di resistenza caratteristica a compressione minima;
- classe di consistenza o indicazione numerica di abbassamento al cono ovvero, nei casi previsti al punto 6.3, classe di spandimento alla tavola a scosse;
- aria aggiunta (solo per le classi di esposizione XF2, XF3, XF4);
- contenuto minimo di cemento al m<sup>3</sup>;
- tipo di cemento (solo quando esplicitamente richiesto dalle norme succitate);
- diametro massimo (D<sub>MAX</sub>) nominale dell'aggregato;
- classe di contenuto in cloruri del calcestruzzo (secondo il § 5.2.7 della UNI EN 206-1).

Caratteristiche dei materiali costituenti i conglomerati cementizi

I materiali ed i prodotti per uso strutturale utilizzati per la realizzazione di opere in c.a. e c.a.p. devono rispondere ai requisiti indicati al § 11.1 del DM 14-01-2008.

In particolare per i materiali e prodotti recanti la Marcatura CE sarà onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere ad ogni fornitore, per ogni diverso prodotto, il Certificato ovvero Dichiarazione di Conformità alla parte armonizzata della specifica norma europea ovvero allo specifico Benestare Tecnico Europeo, per quanto applicabile.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori verificare che tali prodotti rientrino nelle tipologie, classi e/o famiglie previsti nella detta documentazione.

Per i prodotti non recanti la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità dell'Attestato di Qualificazione (caso B) o del Certificato di Idoneità Tecnica all'impiego (caso C) rilasciato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Ad eccezione di quelli in possesso di Marcatura CE, possono essere impiegati materiali o prodotti conformi ad altre specifiche tecniche qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello previsto nelle presenti norme. Tale equivalenza sarà accertata attraverso procedure all'uopo stabilite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, sentito lo stesso Consiglio Superiore.

## Componenti

### Cemento

Tutti i manufatti in c.a. e c.a.p. dovranno essere eseguiti impiegando unicamente cementi provvisti di attestato di conformità CE che soddisfino i requisiti previsti dalla norma UNI EN 197-1:2007.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1:2007.

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

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE.

### Aggregati

Gli aggregati impiegati per il confezionamento del calcestruzzo potranno provenire da vagliatura e trattamento dei materiali alluvionali o da frantumazione di materiali di cava; essi dovranno possedere marcatura CE secondo il D.P.R. n. 246/93 e successivi decreti attuativi. Copia della documentazione dovrà essere custodita dalla Direzione dei Lavori 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.

L'attestazione di marcatura CE dovrà essere consegnata alla D.L. ad ogni eventuale cambiamento di cava.

Gli aggregati saranno conformi ai requisiti delle norme UNI EN 12620 e UNI 8520-2 con i relativi riferimenti alla destinazione d'uso del calcestruzzo (§ 4.8 della UNI 8520-2).

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

È consentito l'uso di aggregati grossi provenienti da riciclo nel rispetto delle prescrizioni imposte dal § 11.2.9.2 del DM 14-01-2008, purché l'utilizzo non pregiudichi alcuna caratteristica del calcestruzzo, né allo stato fresco, né indurito.

#### Acqua di impasto

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

#### Additivi

Gli additivi per la produzione del calcestruzzo devono possedere la marcatura CE ed essere conformi, in relazione alla particolare categoria di prodotto cui essi appartengono, ai requisiti imposti dai rispettivi prospetti della norma UNI EN 934 (parti 2, 3, 4 e 5). Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma armonizzata si dovrà verificarne l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo.

E' onere dell'Impresa verificare preliminarmente i dosaggi ottimali di additivo per conseguire le prestazioni reologiche e meccaniche richieste oltre che per valutare eventuali effetti indesiderati. Per la produzione degli impasti è opportuno che vi sia un impiego costante di additivi fluidificanti/riduttori di acqua o superfluidificanti/riduttori di acqua ad alta efficacia

per limitare il contenuto di acqua di impasto, migliorare la stabilità dimensionale del calcestruzzo e la durabilità delle opere.

Per le riprese di getto si potrà far ricorso all'utilizzo di ritardanti di presa e degli adesivi per riprese di getto: in ogni caso dovrà essere evitata qualsiasi soluzione di continuità degli elementi strutturali.

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

Per le strutture sottoposte all'azione del gelo e del disgelo, si farà ricorso all'impiego di additivi aeranti come prescritto dalle norme UNI EN 206-1 e UNI 11104.

#### Qualifica dei conglomerati cementizi

In accordo al DM 14-01-2008 per la produzione del calcestruzzo si possono configurare due differenti possibilità:

calcestruzzo prodotto senza processo industrializzato;

calcestruzzo prodotto con processo industrializzato.

Le miscele se prodotte con un processo industrializzato non necessitano di alcuna prequalifica, che si richiede invece per conglomerati prodotti senza processo industrializzato.

#### Controlli di accettazione

La Direzione dei Lavori eseguirà i controlli di accettazione, secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 del DM 14-01-2008, su miscele omogenee di conglomerato come definite al §11.2.1 del citato Decreto.

I controlli saranno classificati come segue:

- tipo A;

- tipo B (impiegato soltanto quando siano previsti quantitativi di miscela omogenea uguali o superiori ai 1500 m<sup>3</sup>).

Il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m<sup>3</sup> di conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nel DM 14-01-2008 e nella norma UNI-EN 206-1.

Il prelievo di calcestruzzo dovrà essere sempre eseguito alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori.

In particolare i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3.

Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti.

La geometria delle casseforme deve essere cubica di lato pari a 150 mm o cilindrica con diametro pari a 150 mm ed altezza pari a 300 mm.

I certificati emessi dal Laboratorio dovranno contenere tutte le informazioni richieste al § 11.2.5.3 del DM 14-01-2008.

#### Confezione dei conglomerati cementizi

Per quanto non esplicitamente indicato nella presente sezione e in progetto, in ottemperanza al § 4.1.7 del DM 14-01-2008, si farà riferimento alla norma UNI EN 13670-1 "Esecuzione di strutture in calcestruzzo: requisiti comuni" ed alle "Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo" pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (febbraio 2008).

La confezione dei conglomerati cementizi non prodotti con processo industrializzato dovrà essere eseguita con gli impianti preventivamente sottoposti all'esame della Direzione Lavori, conformi alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP., nonché alle caratteristiche seguenti per quanto applicabili.

#### Trasporto

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

Per quanto non specificato nel seguito, si farà riferimento alle Linee Guida sul calcestruzzo preconfezionato del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed, eccezionalmente, i nastri trasportatori.

Ciascuna fornitura di calcestruzzo dovrà essere accompagnata da un documento di trasporto (bolla) conforme alle specifiche del § 7.3 della UNI EN 206-1.

L'Impresa dovrà esibire detta documentazione alla Direzione dei Lavori.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Impresa adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca di uscita della pompa.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli.



È facoltà della Direzione Lavori rifiutare carichi di conglomerato cementizio non rispondenti ai requisiti prescritti.

#### Posa in opera

Le operazioni di getto potranno essere avviate solo dopo la verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

Al momento della messa in opera del conglomerato è obbligatoria la presenza di almeno un membro dell'ufficio della Direzione dei Lavori incaricato a norma di legge e di un responsabile tecnico dell'Impresa.

Prima di procedere alla messa in opera del calcestruzzo, sarà necessario adottare tutti quegli accorgimenti atti ad evitare qualsiasi sottrazione di acqua dall'impasto.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori; nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., occorre controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento siano eseguiti in conformità alle disposizioni di progetto e delle presenti Norme.

Lo scarico del calcestruzzo dal mezzo di trasporto nelle casseforme si effettua applicando tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve eccedere i 50 centimetri; si utilizzerà un tubo di getto che si accosti al punto di posa o, meglio ancora, che si inserisca nello strato fresco già posato e consenta al calcestruzzo di rifluire all'interno di quello già steso.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo. Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Per la finitura superficiale di solette e pavimentazioni è prescritto l'uso di piastre vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati unicamente scostamenti inferiori a 10 mm.

Quando il calcestruzzo deve essere gettato in presenza d'acqua si dovranno adottare tutti gli accorgimenti, approvati dalla Direzione Lavori, necessari ad impedire che l'acqua ne dilavi le superfici e ne pregiudichi la normale maturazione.

#### Stagionatura e disarmo

Il calcestruzzo, al termine della messa in opera e successiva compattazione, deve essere stagionato e protetto dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali (fenomeno particolarmente insidioso in caso di elevate temperature ambientali e forte ventilazione).

Per consentire una corretta stagionatura è necessario mantenere costantemente umida la struttura realizzata; l'Impresa è responsabile della corretta esecuzione della stagionatura che potrà essere condotta mediante:

- la permanenza entro casseri del conglomerato;
- l'applicazione, sulle superfici libere, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di curing, conformi alla norma UNI 8656 parti 1 e 2);
- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie completamente ricoperta da un costante velo d'acqua.

La costanza della composizione degli agenti di curing dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento. I prodotti filmogeni di protezione non possono essere applicati lungo i giunti di costruzione, sulle riprese di getto o sulle superfici che devono essere trattate e/o ricoperte con altri materiali.

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 l'Impresa, previa informazione alla Direzione dei Lavori, eseguirà verifiche di cantiere che assicurino l'efficacia delle misure di protezione adottate.

Nel caso di superfici orizzontali non casserate (pavimentazioni, platee di fondazione...) dovrà essere effettuata l'operazione di bagnatura continua con acqua non appena il conglomerato avrà avviato la fase di presa. Le superfici verranno mantenute costantemente umide per almeno 3 giorni.

Per i getti confinati entro casseforme l'operazione di bagnatura verrà avviata al momento della rimozione dei casseri, se questa avverrà prima di 3 giorni.

Per calcestruzzi con classe di resistenza a compressione maggiore o uguale di C40/50 la maturazione deve essere curata in modo particolare.

Di norma viene esclusa la accelerazione dei tempi di maturazione con trattamenti termici per i conglomerati gettati in opera. In casi particolari la DL potrà autorizzare l'uso di tali procedimenti dopo l'esame e verifica diretta delle modalità proposte, che dovranno rispettare comunque quanto previsto ai seguenti paragrafi.

Giunti di discontinuità ed opere accessorie nelle strutture in conglomerato cementizio  
E' tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari e imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursioni termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti.

Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri andatori con le spalle dei ponti e viadotti, ecc).

I giunti dovranno essere conformi alle indicazioni di progetto e saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti faccia a vista secondo linee rette continue o spezzate.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole tipologie di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura l'elenco prezzi allegato a questo Capitolato prevederà espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto.

I manufatti di tenuta o di copertura dei giunti possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butiadene), a struttura paraffinica (bitile), a struttura complessa

(silicone poliuretano, polioisopropilene, polioissicloropropilene o da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene).

In luogo dei manufatti predetti, potrà essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleo-resinose, bituminose-siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

E' tassativamente proibita l'esecuzione di giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.).

Posa in opera delle armature per c.a.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto l'impiego di opportuni distanziatori prefabbricati in conglomerato cementizio o in materiale plastico al fine di garantire gli spessori di copriferro previsti in progetto; lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate.

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

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

Armatura di precompressione

L'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi di applicazione della precompressione;
- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;

le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;

i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Impresa dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego di appositi supporti realizzati, ad esempio, con pettini in tondini d'acciaio.

### 8.3 MANUFATTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO, NORMALE O PRECOMPRESSO

Per quanto riguarda il trasporto, la movimentazione e le tecniche di messa in opera degli elementi e del complesso strutturale, l'Impresa dovrà fare riferimento ai documenti di progetto i quali dovranno contenere tutte le indicazioni del caso, come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le costruzioni (DM 14-01-2008), nel rispetto delle responsabilità e competenze delle diverse figure professionali stabilite dalle stesse Norme.

Manufatti prefabbricati di produzione occasionale

Come prescritto al § 11.8.1 del DM 14-01-2008 gli elementi costruttivi di produzione occasionale (ad esempio in impianti temporanei di prefabbricazione esterni al cantiere o allestiti a piè d'opera) devono essere realizzati attraverso processi e in stabilimenti sottoposti ad un sistema di controllo della produzione, secondo le procedure di cui ai §§ 11.8.2, 11.8.3, 11.8.4 (per quanto esplicitamente applicabile al campo della produzione occasionale).

L'Impresa dovrà far pervenire alla Direzione dei Lavori, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al § 11.8.5 del DM 14-01-2008. In particolare la Direzione Lavori controllerà che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata dal citato decreto siano stati rispettati.

Le eventuali forniture non conformi alle succitate disposizioni saranno rifiutate.

### **Manufatti prefabbricati prodotti in serie**

Al § 4.1.10 del DM 14-01-2008 sono riportate le definizioni e le caratteristiche di conformità degli elementi prefabbricati prodotti in serie dichiarata e/o controllata.

L'Impresa dovrà far pervenire alla Direzione dei Lavori, all'atto della fornitura, i documenti di accompagnamento previsti al § 11.8.5 del DM 14-01-2008. In particolare la Direzione Lavori controllerà che gli ambiti di competenza di ciascuna figura professionale richiamata dal citato decreto siano stati rispettati.

Le eventuali forniture non conformi alle succitate disposizioni saranno rifiutate.

Si precisa che a tutti gli elementi prefabbricati dotati di marcatura CE si applica quanto riportato nei punti A) oppure C) del § 11.1 del DM 14-01-2008. In tali casi, inoltre, si considerano assolti i requisiti procedurali di cui al deposito ai sensi dell'art.9 della Legge 05.11.71 n.1086 ed alla certificazione di idoneità di cui agli artt. 1 e 7 della Legge 02.02.74 n.64. Resta comunque l'obbligo del deposito del progetto presso il competente ufficio regionale. Ai fini dell'impiego, tali prodotti devono comunque rispettare, laddove applicabili, i §§ 11.8.2, 11.8.3.4 ed 11.8.5 del DM 14-01-2008, per quanto non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Ai fini della verifica di quanto sopra l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori, all'atto della fornitura, tutta la documentazione inerente la marcatura CE dei manufatti.

#### 8.4 ACCIAIO PER C.A. E C.A.P.

Acciaio ordinario per c.a. ad aderenza migliorata

Le diverse tipologie di acciaio impiegabili sono:

Acciaio tipo B450C

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

Acciaio tipo B450A

- barre d'acciaio ( $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ), rotoli ( $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ );
- prodotti raddrizzati ottenuti da rotoli con diametri  $\leq 10 \text{ mm}$ ;
- reti elettrosaldate:  $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ ;
- tralicci elettrosaldati  $5 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 10 \text{ mm}$ .

Ognuno di questi prodotti deve possedere tutti i requisiti previsti dal DM 14-01-2008, che specifica le caratteristiche tecniche che devono essere verificate, i metodi di prova e le condizioni di prova.

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

Controlli sull'acciaio



I controlli avverranno con le modalità e le frequenze indicate nei punti seguenti.

Si precisa che per tutte le forniture dichiarate non idonee (e conseguentemente rifiutate) dalla Direzione dei Lavori, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese all'allontanamento dal cantiere ed al rimpiazzo con nuove forniture.

#### Controllo della documentazione

In cantiere è ammessa esclusivamente la fornitura e l'impiego di acciai saldabili B450C e B450A ad aderenza migliorata, qualificati secondo le procedure indicate nel DM 14-01-2008 al § 11.3.1.6 e controllati con le modalità riportate nei §§ 11.3.2.10 e 11.3.2.11 del citato decreto.

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

I centri di trasformazione sono impianti esterni alla fabbrica e al cantiere, fissi o mobili, che ricevono dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confezionano elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere (staffe, ferri piegati, gabbie, ecc.), pronti per la messa in opera o per successive ulteriori lavorazioni. Tali centri devono possedere i requisiti ed operare in conformità alle disposizioni dei §§11.3.1.7 e 11.3.2.10.3 del DM 14-01-2008.

Per i prodotti provenienti dai centri di trasformazione è necessaria la documentazione atta ad assicurare che le lavorazioni effettuate non hanno alterato le caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti previste dal DM 14-01-2008.

Inoltre dovrà essere fornita alla Direzione dei Lavori la seguente documentazione aggiuntiva:

- certificato di collaudo tipo 3.1 in conformità alla norma UNI EN 10204;
- certificato Sistema Gestione Qualità UNI EN ISO 9001;
- certificato Sistema Gestione Ambientale UNI EN ISO 14001;

- dichiarazione di conformità al controllo radiometrico (che può anche essere inserita nel certificato di collaudo tipo 3.1);
- polizza assicurativa per danni derivanti dal prodotto.

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

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

#### Controlli di accettazione

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute nel DM 14-01-2008 al § 11.3.2.10.4.

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

All'interno di ciascun lotto (formato da massimo 30 t) consegnato e per tre differenti diametri delle barre in essa contenuta, si dovrà procedere al campionamento di tre spezzoni di acciaio, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

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

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del DM 14-01-2008, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso le modalità di controllo sono definite al § 11.3.2.10.4 del DM 14-01-2008.

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

Acciaio per c.a.p.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati secondo le procedure di cui al § 11.3.1.2 e controllati (in stabilimento, nei centri di trasformazione e in cantiere) con le modalità riportate nel § 11.3.3.5 del DM 14-01-2008.

Controlli di accettazione

La Direzione dei Lavori disporrà all'Impresa di eseguire, a proprie spese e sotto il controllo diretto della stessa D.L., i controlli di accettazione sull'acciaio consegnato in cantiere in conformità con le indicazioni contenute nel DM 14-01-2008 al § 11.3.3.5.4.

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

All'interno di ciascun lotto (formato da massimo 30 t) consegnato si dovrà procedere al campionamento di tre saggi, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi agli altri lotti presenti in cantiere e provenienti da altri stabilimenti.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati provenga da un Centro di trasformazione la Direzione dei Lavori, dopo essersi accertata preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al § 11.3.1.7 del DM 14-01-2008, potrà usufruire del medesimo Centro di trasformazione per effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso le modalità di controllo sono definite al § 11.3.3.5.3 del DM 14-01-2008.

Resta nella discrezionalità della Direzione dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni.

Nel caso di forniture giudicate non conformi dalla Direzione Lavori, queste saranno immediatamente allontanate dal cantiere a cura e spese dell'Impresa, alla quale sarà altresì imputato l'onere delle nuove forniture.

Prima di procedere alla messa in opera dei sistemi di precompressione a cavi post-tesi, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori l'attestazione di deposito presso il Consiglio Superiore dei LL.PP. – Servizio Tecnico Centrale della documentazione prescritta al § 11.5 del DM 14-01-2008.

#### Fili, barre, trefoli

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate da copia in corso di validità dell'“Attestato di Qualificazione” rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Servizio Tecnico Centrale e dovranno essere munite di un sigillo sulle legature con il marchio del produttore.

Rotoli e bobine di fili, trecce e trefoli provenienti da diversi stabilimenti di produzione devono essere tenuti distinti: un cavo non dovrà mai essere formato da fili, trecce o trefoli provenienti da stabilimenti diversi.

I fili di acciaio dovranno essere del tipo autoraddrizzante e non dovranno essere piegati durante l'allestimento dei cavi.

Le legature dei fili, trecce e trefoli costituenti ciascun cavo dovranno essere realizzati con nastro adesivo ad intervallo di 70 cm.

Allo scopo di assicurare la centratura dei cavi nelle guaine si prescrive l'impiego di una spirale costituita da una treccia di acciaio armonico del diametro di 6 mm, avvolta intorno ad ogni cavo con passo di 80-100 cm.

I filetti delle barre e dei manicotti di giunzione dovranno essere protetti fino alla posa in opera con prodotto antiruggine privo di acidi.

Se l'agente antiruggine è costituito da grasso, è necessario sia sostituito con olio prima della posa in opera per evitare che all'atto dell'iniezione gli incavi dei dadi siano intasati di grasso. Nel caso sia necessario dare alle barre una configurazione curvilinea, si dovrà operare soltanto a freddo e con macchina a rulli.

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

## 8.5 PROVE DI CARICO

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico con quello sperimentale. I calcestruzzi degli elementi sottoposti a collaudo devono aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore, con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese deve essere sottoposto alla Direzione dei Lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista e all'Impresa.

I criteri generali sono i seguenti:

- Le prove di carico ai fini del collaudo statico dovranno essere eseguite in accordo alle normative vigenti ed alle indicazioni del Collaudatore e della D.L.
- L'effettuazione delle prove dovrà essere programmata con la D.L. a cura dell'Impresa con adeguato anticipo. L'Impresa dovrà verificare e fare in modo che al momento del collaudo risulti disponibile tutta la certificazione prevista contrattualmente e dalla normativa vigente.
- Prima della effettuazione delle prove l'Impresa dovrà concordare con la D.L. la quantità ed il tipo delle apparecchiature, degli strumenti e dei materiali da utilizzare,

garantendo la operatività e la precisione richiesta e facendo eseguire le tarature eventualmente necessarie

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

L'Impresa, infine, è tenuta ad accettare sia i risultati delle operazioni di collaudo sia le eventuali azioni ed interventi, volti a sanare situazioni ritenute insoddisfacenti, da parte della Direzione Lavori, del Collaudatore o del Progettista.

## 9. OPERE MURARIE

### 9.1 MALTE

Le caratteristiche dei materiali da impiegare per la confezione delle malte ed i rapporti di miscela, corrisponderanno alle prescrizioni delle voci dell'Elenco Prezzi per i vari tipi di impasto ed a quanto verrà, di volta in volta, ordinato dalla Direzione dei Lavori. La resistenza alla penetrazione delle malte deve soddisfare alle Norme UNI 7927-78.

Di norma, le malte per muratura di mattoni saranno dosate con Kg 400 di cemento per m3 di sabbia e passate al setaccio ad evitare che i giunti tra i mattoni siano troppo ampi; le malte per muratura di pietrame saranno dosate con Kg 350 di cemento per m3 di sabbia; quelle per intonaci, con Kg. 400 di cemento per m3 di Sabbia e così pure quelle per la stuccatura dei paramenti delle murature.

Il dosaggio dei materiali e dei leganti verrà effettuato con mezzi meccanici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l'Impresa dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese. Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto.

### 9.2 MURATURE DI MATTONI

I materiali, 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 sconnessioni alternate in corsi ben regolari, saranno posti sopra uno strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta rimonti all'ingiro e riempia tutte le connessioni.

La larghezza delle connessioni non dovrà essere maggiore di 1 cm, né minore di 1/2 cm.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto si dovrà aver cura di scegliere, per le facce esterne, i mattoni di migliore cottura a spigolo vivo, meglio formati e di colore uniforme,



disponibili con perfetta regolarità di piani a ricorrere ed alternando con precisione i giunti verticali.

In questo genere di paramento le connessure di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di mm 5 e, previa la loro raschiatura e pulitura; dovranno: essere profilate con malta idraulica e diligentemente compresse e lisciate con apposito ferro, senza sbavature.

### 9.3 MURATURE DI PIETrame A SECCO

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma più che sia possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda. Le pietre saranno collocate in opera in modo che contrastino e si concatenino fra loro il più possibile scegliendo per i paramenti quelle di dimensioni non inferiori a cm 20 di lato, e le più adatte per il migliore combaciamento.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali. Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie, soltanto per appianare i corsi e riempire 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 dei Lavori l'Impresa dovrà lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno, in controripa, o comunque isolati, sarà sempre coronata con una copertina di muratura di malta o di calcestruzzo, delle dimensioni che, di volta in volta, verranno fissate dalla Direzione dei Lavori.

#### 9.4 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 inferiore a cm 25 in senso orizzontale, cm 20 in senso verticale e cm 30 di profondità.

Per i muri di spessore di cm 40 si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima del collocamento in opera, dovranno essere diligentemente pulite ove occorra, a giudizio della Direzione dei 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 verrà dosata con Kg 350 di cemento per ogni m<sup>3</sup> di sabbia.

Per le facce viste delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei Lavori, potrà essere prescritta, l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- a. con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta);
- b. a mosaico grezzo;
- c. con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- d. con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con pietra rasa e testa scoperta (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 cm 10.

Nel paramento a mosaico grezzo, 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.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a corsi pressoché regolari, il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadriati, sia col martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di combaciamento normali a quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate alla prova del regolo rientranze o sporgenze non maggiori di 15 millimetri.

Nel paramento a corsi regolari, i conci dovranno essere resi perfettamente piani e squadriati, con la faccia vista rettangolare, lavorata a grana ordinaria; essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso, e qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiori di cm 5.

La Direzione dei Lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari del paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno due terzi della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà essere mai minore di cm 15 nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, nè inferiore a cm 30; l'altezza minima dei corsi non dovrà essere mai minore di cm 20.

In entrambi i paramenti a corsi, lo spostamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di cm 10 e le connessure avranno larghezza non maggiore di un centimetro.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere e da

qualche altra materia estranea, lavandole a grande acqua e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Il nucleo della muratura dovrà essere costruito sempre contemporaneamente ai rivestimenti esterni.

Riguardo al magistero ed alla lavorazione della faccia vista in generale, ferme restando le prescrizioni suindicate, viene stabilito che l' Appaltatore è obbligato a preparare, a proprie cure e spese, i campioni delle diverse lavorazioni per sottoporli all'approvazione del Direttore dei Lavori, al quale spetta esclusivamente giudicare se esse corrispondano alle prescrizioni del presente articolo. Senza tale approvazione l'Appaltatore non può dar mano alla esecuzione dei paramenti delle murature di pietrame.

## 9.5 MURATURE DI CALCESTRUZZO CON PIETrame ANNEGATO

Quando la Direzione dei Lavori l'avrà preventivamente autorizzato mediante ordine di servizio, potrà essere impiegato per determinate opere murarie (muri di sostegno, sottoscarpa, riempimento di cavi o pozzi di fondazioni, briglie, ecc.) pietrame annegato nel calcestruzzo, sempre però di dimensioni mai superiori a 1/3 dello spessore della muratura. Il pietrame dovrà presentarsi ben spigolato, scevro da ogni impurità, bagnato all'atto dell'impiego e non dovrà rappresentare un volume superiore al 40% del volume della muratura.

## 9.6 MURATURE IN PIETRA DA TAGLIO

La pietra da taglio nelle costruzioni delle diverse opere dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto, ed essere lavorata a norma delle prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori all'atto della esecuzione, nei seguenti modi:

- a. a grana grossa;

- b. a grana ordinaria;
- c. a grana mezzo fina;
- d. a grana fina.

Per pietra da taglio a grana grossa si intenderà quella lavorata semplicemente con la grossa punta senza far uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio si intenderà infine lavorata a grana mezzo fina e a grana fina, secondo che le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani o a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati, in modo che le connessioni fra concio e concio non eccedano la larghezza di mm 5 per la pietra a grana ordinaria e di mm 3 per le altre.

Prima di cominciare i lavori, qualora l'Amministrazione non abbia già provveduto in proposito ed in precedenza dell'appalto, l'Appaltatore dovrà preparare a sue spese i campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoporli per l'approvazione alla Direzione dei Lavori, alla quale esclusivamente spetterà giudicare se essi corrispondano alle prescrizioni.

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 fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli, né cavità nelle facce, né mastichature o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse difetti verrà rifiutata, e l'Appaltatore sarà in obbligo di farne l'immediata surrogazione, anche se le scheggiature od ammanchi si verificassero, sia 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 consegnati all'Appaltatore, od alle istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione dei Lavori. Inoltre, ogni concio

dovrà essere sempre lavorato in modo da potersi collocare in opera secondo gli originali letti di cava.

Per la posa in opera si potrà fare uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta dosata a Kg. 400 di cemento normale per metro cubo di sabbia e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe ed arpioni di rame, saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le connessioni delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

## 10. IMPERMEABILIZZAZIONI

---

### 10.1 IMPERMEABILIZZAZIONE DELL'ESTRADOSSO DEI VOLTI DELLE GALLERIE ARTIFICIALI ED ALTRI MANUFATTI

Ove i disegni di progetto lo prevedano o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno si provvederà alla impermeabilizzazione dell'estradosso dei volti delle gallerie artificiali e di altri manufatti, compresi ponti, viadotti, sottovia, etc., mediante:

- a. guaine bituminose;
- b. con membrane elastiche;
- c. guaine in pvc.

Per i ponti ed opere simili quali viadotti, sottovia, cavalcavia, sovrappassi, sottopassi, ecc., i materiali da impiegare dovranno possedere le seguenti caratteristiche: gli strati impermeabilizzanti, oltre che possedere permeabilità all'acqua praticamente nulla, devono essere progettati ed eseguiti in modo da avere:

- elevata resistenza meccanica, specie alla perforazione in relazione sia al traffico di cantiere che alle lavorazioni che seguiranno alla stesa dello strato impermeabilizzante;
- deformabilità, nel senso che il materiale dovrà seguire le deformazioni della struttura senza fessurarsi o distaccarsi dal supporto, mantenendo praticamente inalterate tutte le caratteristiche di impermeabilità e di resistenza meccanica;
- resistenza chimica alle sostanze che possono trovarsi in soluzione o sospensione nell'acqua di permeazione.

In particolare dovrà tenersi conto della presenza in soluzione dei cloruri impiegati per uso antigelo;

- durabilità, nel senso che il materiale impermeabilizzante dovrà conservare le sue proprietà per una durata non inferiore a quella della pavimentazione, tenuto conto dell'eventuale effetto di fatica per la ripetizione dei carichi;

— compatibilità ed adesività sia nei riguardi dei materiali sottostanti sia di quelli sovrastanti (pavimentazione);

— altre caratteristiche che si richiedono sono quelle della facilità di posa in opera nelle più svariate condizioni climatiche e della possibilità di un'agevole riparazione locale.

Le suaccennate caratteristiche dell'impermeabilizzazione devono conservarsi inalterate:

— tra le temperature di esercizio che possono verificarsi nelle zone in cui il manufatto ricade e sempre, comunque, tra le temperature di -10 e +60°C;

— sotto l'azione degli sbalzi termici e sforzi meccanici che si possono verificare all'atto della stesa delle pavimentazioni o di altri strati superiori.

Dovranno prevedersi prove e controlli di qualità e possibili prove di efficienza.

## 10.2 GUAINA BITUMINOSE

I materiali da usare e le modalità di messa in opera saranno i seguenti:

— pulizia delle superfici - sarà sufficiente una buona pulizia con aria compressa e l'asportazione delle asperità più grosse eventualmente presenti, sigillature e riprese dei calcestruzzi non saranno necessarie; le superfici dovranno avere una stagionatura di almeno 20 giorni ed essere asciutte;

— primer - sarà dello stesso tipo descritto in precedenza e potrà essere dato anche a spruzzo, ad esso seguirà la stesa di circa 0,5 Kg/mq di massa bituminosa analoga a quella della guaina, da applicare a freddo (in emulsione acquosa o con solvente);

— tipo di guaina - sarà preformata, di spessore complessivo pari a 3 4 mm, di cui almeno 2 mm di massa bituminosa; l'armatura dovrà avere peso non inferiore a 250 g/mq, i giunti tra le guaine dovranno avere sovrapposizioni di almeno 5 cm e dovranno essere accuratamente sigillati con fiamma e spatola metallica;

— resistenza e punzonamento della guaina o dell'armatura (modalità A1 o Ga): non inferiore a 10 Kg;

— resistenza a trazione (modalità G2L e G2T): 60 Kg/8 cm.



La massima cura dovrà essere seguita nella sistemazione delle parti terminali della guaina in modo da impedire infiltrazioni di acqua al di sotto del manto; la Direzione Lavori potrà richiedere l'uso di maggiori quantità di massa bituminosa da spandere sul primer per una fascia di almeno 1 metro in corrispondenza di questi punti, o altri accorgimenti analoghi per assicurare la tenuta.

Una certa attenzione dovrà essere osservata nella: fase di rinterro, evitando di usare a diretto contatto della guaina rocce spigolose di grosse dimensioni.

### 10.3 MEMBRANE ELASTICHE

La posa in opera delle membrane verrà preceduta dalla preparazione delle superfici di calcestruzzo da progettare, consistente in una accurata pulizia con aria compressa delle superfici.

La stuccatura di lesioni o vespai e/o l'asportazione di creste di calcestruzzo sarà decisa di volta in volta dalla Direzione Lavori.

Dopo aver posizionato a secco le singole membrane, curandone l'esatta sovrapposizione nei punti di giunzione. le stesse verranno riavvolte per procedere all'impregnazione del sottofondo con gli appositi adesivi. Le superfici da incollare comprenderanno l'intera superficie da coprire o parte di essa (zone delle sovrapposizioni, sommità del manufatto, punti in Cui è possibile l'infiltrazione dell'acqua, ecc.) e la scelta verrà di volta in volta effettuata dalla Direzione Lavori. Steso l'adesivo si srotoleranno le membrane esercitando sulle stesse la pressione necessaria per ottenere il collegamento al supporto.

Le giunzioni verranno sigillate mediante processo di vulcanizzazione da ottenersi con aria calda prodotta con appositi cannelli elettrici.

Le zone così saldate dovranno essere poi pressate con rullino. In alcuni casi (posizioni della giunzione critica nei confronti delle infiltrazioni) la Direzione Lavori potrà richiedere la doppia saldatura.

I risvolti finali delle membrane dovranno essere realizzati in modo da non permettere infiltrazioni di acqua; termineranno quindi o in scanalature da sigillare con mastici elastici, oppure verranno ricoperti con profili metallici non ossidabili da inchiodare al supporto.

Le caratteristiche delle membrane dovranno essere le seguenti:

- peso compreso tra 1 e 1,5 Kg/mq
- resistenza alla trazione (ASTM - D 412) a temperatura ambiente, 70 Kg/cm<sup>2</sup>
- resistenza agli agenti ossidanti (ozono), 12 ore in atmosfera pari a 50 mg/mq senza formazione di microfessure o altre alterazioni.

#### 10.4 GUAINA IN PVC

Tale impermeabilizzazione dovrà essere posta in opera su uno strato di compensazione di geotessile.

La guaina dovrà essere in PVC trasparente dello spessore minimo di 2 mm.

Sul rivestimento di prima fase, preparato come al punto precedente, dovrà essere steso uno strato di geotessile, come strato di compensazione con funzione antipunzonamento.

La trasparenza della guaina, oltre ad essere una garanzia di purezza formulativa e pertanto di maggiore stabilità del polimero nel tempo, consente di controllare visivamente la lavorazione ed in particolare la eventuale presenza, in corrispondenza delle saldature, di un eccesso di residui carboniosi e di bolle d'aria che sono sintomi di cattiva esecuzione.

Il materiale dovrà essere qualificato prima dell'impiego.

Le prove dovranno essere effettuate presso laboratori qualificati a cura dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori, ogni volta che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

La campionatura del materiale dovrà essere fatta secondo la Norma UNI 8202/Parte 1.

Qualora anche da una sola delle prove di cui sopra risultassero requisiti inferiori a quelli stabiliti, la partita verrà rifiutata e l'impresa dovrà allontanarla immediatamente dal cantiere.

Nel caso di materiali già posti in opera, l'impresa dovrà sospendere la lavorazione e procedere, a sua cura e spese, alla loro rimozione ed alla sostituzione con materiali idonei.

La guaina dovrà presentarsi ben distesa, senza pieghe e parti in tensione.

Si procederà quindi alla saldatura dei giunti per termofusione con apposite saldatrici a controllo automatico di velocità, temperatura e pressione, predisposte per effettuare una doppia saldatura senza soluzione di continuità da un estremo all'altro del giunto, in modo da permettere la prova di tenuta del giunto ad aria compressa.

La tenuta dei giunti dovrà essere verificata con aria alla pressione di 0,4 bar; la eventuale perdita di pressione dopo 15-20 min non dovrà superare 0,1 bar.

Il controllo delle saldature dovrà essere sistematico; l'osservazione attraverso il PVC trasparente permetterà di verificare che non vi siano difetti quali eccessi di residui carboniosi o bolle che potrebbero far cedere la saldatura in un secondo tempo.

Nel caso che qualche prova dia esito negativo, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese, al rifacimento delle saldature difettose, eventualmente anche con sostituzione delle guaine compromesse, mentre la Direzione Lavori potrà ordinare che vengano sottoposti a prove tutti i giunti senza che per questo l'impresa stessa possa reclamare alcun compenso.

## 11. PIETRE DA TAGLIO

---

### 11.1 PIETRA DA TAGLIO

La pietra da taglio nelle costruzioni delle diverse opere dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto, ed essere lavorata, a norma delle prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori all'atto della esecuzione, nei seguenti modi:

- a. a grana grossa;
- b. a grana ordinaria;
- c. a grana mezzo fina;
- d. a grana fina.

Per pietra da taglio a grana grossa s'intenderà quella lavorata semplicemente con la grossa punta senza fare uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio s'intenderà infine lavorata a grana mezzo fina e a grana fina, secondo che le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani o a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati per modo che le commessure fra concio e concio non eccedano larghezza di 5 mm per la pietra a grana ordinaria e di 3 mm per le altre.

Prima di cominciare i lavori, qualora l'Amministrazione non abbia già provveduto in proposito ed in precedenza dell'appalto, l'Impresa dovrà preparare a sue spese i campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoporli per l'approvazione alla Direzione dei Lavori alla quale esclusivamente spetterà giudicare se essi corrispondono alle prescrizioni.

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 fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse tali difetti verrà rifiutata, e l'Impresa sarà in obbligo di farne l'immediata surrogazione, anche se le scheggiature od ammanchi si verificassero, sia 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 consegnati all'Impresa, od alle istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione dei Lavori. Inoltre ogni concio dovrà essere sempre lavorato in modo da potersi collocare in opera, secondo gli originari letti di cava.

Per la posa in opera si potrà fare uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta idraulica o di cemento, secondo le prescrizioni del presente Capitolato speciale e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe od arpioni di rame, 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.

## 12. OPERE IN FERRO

### 12.1 STRUTTURE IN ACCIAIO

Esse dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto:

— dalla Legge 5 novembre 1971, n. 1086 «Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica» (G.U. n. 321 del 21.12.1971);

— dal D.M. 14 febbraio 1992 «Norme Tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (5.0. alla G.U. n. 65 del 18.03.1992);

della Legge 2.02.1974 n.64 (provvedimenti per le costruzioni con particolare prescrizioni per le zone sismiche)

del D.M. 19.06.1984 n.24771 (Norme tecniche relative alle costruzioni sismiche)

del D.M. 20.01.1985 (norme tecniche di rettifica relative alle costruzioni sismiche)

del Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 24.01.1986 (norme tecniche relative alle zone sismiche)

del D.M. 4.05.90 (aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione la esecuzione ed il collaudo dei ponti stradali e successive istruzioni)

del Decreto Legge 7.11.2001 n.343 convertito con modificazioni dalla Legge 9.11.2001 n.401

del Decreto Legislativo 31.03.1998 n.112 e dell'ordinanza del consiglio dei Ministri 20.03.2003 n.3274 (in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica).

L'Impresa sarà tenuta a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della D.L.:

a) il progetto esecutivo delle opere e la relazione completa dei calcoli giustificativi di tutti gli elementi della costruzione nonché le luci di influenza delle deformazioni elastiche nei punti della struttura preventivamente concordati con la D.L.

Nel progetto esecutivo dovranno essere completamente definiti tutti i particolari costruttivi elencati nelle norme sopracitate.

Nella relazione di calcolo dovranno essere indicate le modalità di montaggio dell'opera, specificando il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi del montaggio;

b) tutte le indicazioni necessarie all' esecuzione delle opere di fondazione e alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle medesime.

I progetti esecutivi dovranno essere redatti a cura e spese dell'impresa e dovranno corrispondere a tipi e norme stabiliti dalla D.L. oltre che a tutte le disposizioni di legge e norme ministeriali vigenti in materia.

Sugli elaborati di progetto, firmati dal progettista e dall'Impresa, dovranno essere riportati tipi e qualità degli acciai da impiegare.

Per quanto concerne il progetto della saldatura, fatto obbligo all'Impresa di avvalersi, a sua cura e spese, della consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o del R.I.NA. (Registro Italiano Navale) con sede a Genova che dovrà redigere apposita relazione da allegare al progetto. In sede di approvazione dei progetti, la D.L. stabilirà in particolare i tipi e la estensione dei controlli sulle saldature in conformità a quanto stabilito dal D.M. 14 febbraio 1992, sopracitato, e tenuto conto di quanto prescritto al riguardo nella relazione.

Dopo l'approvazione del progetto esecutivo da parte della D.L., l'Impresa dovrà presentare a quest'ultima, in un lucido e copie, i disegni esecutivi di officina sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e pesi teorici di ciascun elemento costituente la struttura.

L'Impresa, inoltre, deve far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali che intende impiegare, la loro provenienza, avuto riferimento alle distinte di cui sopra.

A) Collaudo tecnologico dei materiali

Ogni volta che le partite di materiale metallico destinato alla costruzione delle travi e degli apparecchi d'appoggio perverranno agli stabilimenti per la successiva lavorazione, l'Impresa darà comunicazione alla Direzione dei Lavori specificando, per ciascuna colata, la distinta dei pezzi ed il relativo peso, la ferriera di provenienza, la destinazione-costruttiva, i risultati dei collaudi interni.

La Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni da sottoporre a prova presso laboratori di sua scelta ogni volta che lo ritenga opportuno.

Le prove e le modalità di esecuzione saranno quelle prescritte dal D.M. 14 febbraio 1992.

B) Collaudo dimensionale e di lavorazione

La Direzione dei Lavori si riserva il diritto di chiedere il premontaggio in officina, totale o parziale delle strutture, secondo modalità da concordare di volta in volta con l'Impresa. Per i manufatti per i quali è prevista una fornitura di oltre 10 esemplari da realizzare in serie, deve prevedersi, all'atto del collaudo in officina, il premontaggio totale o parziale, da convenirsi secondo i criteri di cui sopra, di un solo prototipo per ogni tipo.

In tale occasione la Direzione dei Lavori procederà alla accettazione provvisoria dei materiali metallici lavorati. Analogamente a quanto detto al comma precedente, ogni volta che si rendono pronte per il collaudo le travate, l'Impresa informerà la Direzione dei Lavori indicando tipo e destinazione di ciascuna di esse. Entro 8 giorni la Direzione dei Lavori darà risposta fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione della travata stessa in cantiere.

Nel caso del collaudo in contraddittorio, gli incaricati della Direzione dei Lavori verificheranno sia per ognuna delle parti componenti le opere appaltate, quanto per l'insieme di esse, la esatta e perfetta lavorazione a regola d'arte ed in osservanza ai patti contrattuali. I pezzi presentati all'accettazione provvisoria devono essere scevri di qualsiasi verniciatura, fatta



eccezione per le superfici di contatto dei pezzi uniti definitivamente fra loro, che debbono essere verniciati in conformità alle prescrizioni della Direzione dei Lavori.

### C) Montaggio

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo. Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano deformate o sovrasollecitate.

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

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

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

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui. Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrali e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente. Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. 14 febbraio 1992 sopracitato, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza è prescritta l'esecuzione della sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

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

Per ogni unione con bulloni, l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio su un numero di bulloni pari al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro. Dopo il completamento della struttura e prima dell'esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni, dandone preventiva comunicazione alla Direzione dei Lavori.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione Lavori.

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

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

#### D) Prove di carico e collaudo statico delle strutture in acciaio

Prima di sottoporre le strutture in acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e, di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture, operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'impresa, secondo le prescrizioni contenute nei Decreti Ministeriali: 4 maggio 1990 e 14 febbraio 1992.

## 13. LAVORI STRADALI E INFRASTRUTTURE

### 13.1 SOVRASTRUTTURA STRADALE

Per le terminologie e le definizioni relative alle pavimentazioni ed ai materiali stradali si fa riferimento alle norme tecniche del C.N.R. - B.U. n.169 del 1994. Le parti del corpo stradale sono così suddivise: a) sottofondo (terreno naturale in sito o sull'ultimo strato del rilevato); b) sovrastruttura, così composta:

1. fondazione,
2. base,
3. strato superficiale (collegamento e usura)

In linea generale, salvo diversa disposizione della Direzione dei lavori, la sagoma stradale per tratti in rettilineo sarà costituita da due falde inclinate in senso opposto aventi pendenza trasversale del  $1,5 \pm 2,0\%$ , raccordate in asse da un arco di cerchio avente tangente di  $0,50$ . Alle banchine sarà invece assegnata la pendenza trasversale del  $2,0 \div 5,0\%$ . Le curve saranno convenientemente rialzate sul lato esterno con pendenza che la Direzione dei lavori stabilirà in relazione al raggio della curva e con gli opportuni tronchi di transizione per il raccordo della sagoma in curva con quella dei rettilinei o altre curve precedenti e seguenti. Il tipo e lo spessore dei vari strati, costituenti la sovrastruttura, saranno quelli stabiliti, per ciascun tratto, dalla Direzione dei lavori, in base ai risultati delle indagini geotecniche e di laboratorio. L'impresa indicherà alla Direzione dei lavori i materiali, le terre e la loro provenienza, e le granulometrie che intende impiegare strato per strato, in conformità degli articoli che seguono. La Direzione dei lavori ordinerà prove su detti materiali, o su altri di sua scelta, presso Laboratori ufficiali di fiducia dell'Amministrazione appaltante. Per il controllo delle caratteristiche tali prove verranno ripetute sistematicamente, durante l'esecuzione dei lavori, nei laboratori di cantiere o presso gli stessi Laboratori ufficiali.

L'approvazione della Direzione dei lavori circa i materiali, le attrezzature, i metodi di lavorazione, non solleverà l'impresa dalla responsabilità circa la buona riuscita del lavoro.

L'Impresa avrà cura di garantire la costanza nella massa, nel tempo, delle caratteristiche delle miscele, degli impasti e della sovrastruttura resa in opera.

Salvo che non sia diversamente disposto dagli articoli che seguono, la superficie finita della pavimentazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 0,3 mm, controllata a mezzo di un regolo lungo in 4,00 disposto secondo due direzioni ortogonali.

La pavimentazione stradale sui ponti deve sottrarre alla usura ed alla diretta azione del traffico l'estradosso del ponte e gli strati di impermeabilizzazione su di esso disposti. Allo scopo di evitare frequenti rifacimenti, particolarmente onerosi sul ponte, tutta la pavimentazione, compresi i giunti e le altre opere accessorie, deve essere eseguita con materiali della migliore qualità e con la massima cura esecutiva.

#### A) Strati di fondazione

Lo strato di fondazione sarà costituito dalla miscela conforme alle prescrizioni del presente Capitolato e comunque dovrà essere preventivamente approvato dalla Direzione dei lavori e dovrà essere steso in strati successivi dello spessore stabilito dalla Direzione dei lavori in relazione alla capacità costipante delle attrezzature di costipamento usate.

Gli strati dovranno essere costipati con attrezzature idonee al tipo di materiale impiegato ed approvato dalla Direzione dei lavori, tali da arrivare ai gradi di costipamento prescritti dalle indicazioni successive.

Il costipamento dovrà interessare la totale altezza dello strato che dovrà essere portato alla densità stabilita di volta in volta dalla Direzione dei lavori in relazione al sistema ed al tipo di attrezzatura da laboratorio usata ed in relazione al sistema ed al tipo di attrezzatura di cantiere impiegato. Durante la fase di costipamento la quantità di acqua aggiunta, per arrivare ai valori ottimali di umidità della miscela, dovrà tenere conto delle perdite per evaporazione causa vento, sole, calore ed altro. L'acqua da impiegare dovrà essere esente da materie organiche e da sostanze nocive.

Si darà inizio ai lavori soltanto quando le condizioni di umidità siano tali da non produrre danni alla qualità dello strato stabilizzante. La costruzione sarà sospesa quando la temperatura sia inferiore a 3 °C.

Qualsiasi zona o parte della fondazione, che sia stata danneggiata per effetto del gelo, della temperatura o di altre condizioni (l'umidità durante qualsiasi fase della costruzione, dovrà essere completamente scarificata, rimiscelata e costipata in conformità delle prescrizioni della Direzione dei lavori, senza che questa abbia a riconoscere alcun compenso aggiuntivo. La superficie di ciascuno strato dovrà essere rifinita secondo le inclinazioni, le livellette e le curvature previste dal progetto e dovrà risultare liscia e libera da buche e irregolarità.

A1) fondazione in misto granulare a stabilizzazione meccanica con legante naturale

Tale fondazione è 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 0,4 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.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato dalla Direzione dei lavori in relazione alla portata del sottofondo; la stesa avverrà in strati successivi, ciascuno dei quali non dovrà mai avere uno spessore finito superiore a cm 20 e non inferiore a cm 10.

#### *Caratteristiche del materiale da impiegare*

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

- 1) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 71 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;

2) granulometria compresa nei seguenti fusi e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:

Serie crivelli e setacci UNI.	Miscela passante: % totale in peso $\leq 71$ mm	Miscela passante: % totale un peso Q max 30 mm
Crivello 71	100	100
Crivello 30	70 + 100	100
Crivello 15	50~80	70+100
Crivello 10	30 + 70	50÷ 85
Crivello 5	23 e 55	35 + 65
Setaccio 2	15 + 40	25÷50
Setaccio 0,42	8÷25	15÷30
Setaccio 0,075	2 + 15	5 + 15

- 3) rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore a 2/3;
- 4) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30%;
- 5) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio 4 ASTM compreso tra 25 e 65. Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento. Il limite superiore dell'equivalente in sabbia (65) potrà essere variato dalla Direzione lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale. 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 CBR di cui al successivo punto 6);
- 6) indice di portanza CER (C.N.R. — U.N.I 10009— Prove sui materiali stradali; indice di portanza C.B.R. di una terra), dopo 4 giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al Crivello 25) non minore di 50. E inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento;

7) limite di liquidità  $\leq 25\%$ , limite di plasticità  $\geq 19$ , indice di plasticità  $\leq 6$ . Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l' accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi 1), 2), 4), 5), salvo nel caso citato al comma 5) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

#### *Studi preliminari*

Le caratteristiche suddette dovranno 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 operative*

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivo 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 ricostruito 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 vibranti gommati, tutti semoventi, L' idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento).

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 98% della densità massima fornita dalla prova AASRO modificata:

*percentuale in peso di elementi di dimensione superiore a 35 mm, compresa tra il 25 e il 40%.  
In tal caso nella stessa formula, al termine Z, dovrà essere dato il valore di 25  
(indipendentemente dalla effettiva percentuale in peso di trattenuto al crivello da 25 mm,).*

Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Stillo strato di fondazione, compattato in conformità delle prescrizioni avanti indicate, è buona norma procedere subito alla esecuzione delle pavimentazioni, senza far trascorrere, tra le due fasi di lavori un intervallo di tempo troppo lungo, che potrebbe recare pregiudizio ai valori di portanza conseguiti dallo strato di fondazione a costipamento ultimato. Ciò allo scopo di eliminare i fenomeni di allentamento, di esportazione e di disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere o dagli agenti atmosferici; nel caso in cui non sia possibile procedere immediatamente dopo la stesa dello strato di fondazione alla realizzazione delle pavimentazioni. sarà opportuno procedere alla stesa di una mano di emulsione saturata con graniglia a protezione della superficie superiore dello strato di fondazione oppure eseguire analoghi trattamenti protettivi

A2) Fondazione in misto cementato



Gli strati in misto cementato per fondazione o per base 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 dei lavori.

Comunque si dovranno stendere strati il cui spessore finito non risulti superiore a 20cm o inferiore a 10 cm,

Caratteristiche del materiale da impiegare

Inerti

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 Di. 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:

- 1) l'aggregato deve avere dimensioni non superiori a 40 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;
- 2) 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: % totale in peso
Crivello 40	100
Crivello 30	80-100
Crivello 25	70-95

Crivello 15	45-70
Crivello 10	35 - 60
Crivello 5	25 - 50
Setaccio 2	20- 40
Setaccio 0,4	6 - 20
Setaccio 0.18	4-14
Setaccio 0.075	4- 8

3) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo le norme ASTM C 131 -AASHO T 96, inferiore o uguale al 30%;

4) equivalente in sabbia compreso tra 30 e 60; 5) indice di plasticità non determinabile (materiale non plastico).

L'impresa, dopo avere eseguito prove in laboratorio, dovrà proporre alla Direzione dei lavori la composizione da adottare e successivamente l'osservanza della granulometria dovrà essere assicurata con esgiornàlieri.

Verrà ammessa una tolleranza di + 5% fino al passante al crivello 5 e di 2% per il passante al setaccio 2 e inferiori.

#### 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 3% e il 6% 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. In modo indicativo il quantitativo d'acqua si può considerare pari tra il 5% e il 7%.

Miscela - Prove di laboratorio e in sito

La percentuale esatta di cemento, come pure la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza appresso indicate.

### Resistenza

Verrà eseguita la prova di resistenza a compressione ed a trazione sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (CNR. UNI. 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm<sup>3</sup>); 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 dovrà 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 e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino. Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello

U.N.I. 25 mm (o setaccio ASTM 3/4") allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente.

La miscela verrà costipata su 5 strati con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO T 180 e a 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello mm 50,8 peso pestello Kg 4,54, altezza di caduta cm 45,7).

I provini dovranno 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 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 confezionati come sopra detto dovranno avere resistenze a compressione a 7 giorni non minori di 2,5 N/mm<sup>2</sup> e non superiori a 4,5 N/mm<sup>2</sup> ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" non inferiore a 0,25 N/mm<sup>2</sup> (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 + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo). Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelte la curva, la densità e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

#### Preparazione

La miscela verrà confezionata in appositi impianti centralizzati con dosatori a peso o a volume. La dosatura dovrà essere effettuata sulla base di un minimo di tre assortimenti, il controllo della stessa dovrà essere eseguito almeno ogni 1500 m<sup>3</sup> di miscela.

#### Posa in opera

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione dei lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli lisci vibranti o rulli gommati (oppure rulli misti vibranti e gommati) tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere,

determinate dalla Direzione Lavori su una stesa sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere Prova di costipamento

La stesa della miscela non dovrà di nonna essere eseguita con temperature ambienti inferiori a 0 °C e superiori a 25 °C né sotto pioggia. Potrà tuttavia essere consentita la stesa a temperature comprese tra i 25 °C e i 30 °C. In questo caso, però, sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di miscelazione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine le operazioni di costipamento e di stesa dello strato di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature di 15 °C - 18 °C ed umidità relative del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relative anch'esse crescenti; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione del getto.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma 1 - 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali di ripresa, che andranno protetti con fogli di polistirolo espanso (o materiale simile) conservati umidi. il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola, e togliendo la tavola stessa al momento della ripresa del getto; se non si fa uso della tavola, sarà necessario, prima della ripresa del getto, provvedere a tagliare l'ultima parte del getto precedente, in modo che si ottenga una parete verticale per tutto lo spessore dello strato. Non saranno eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa. Il transito di cantiere sarà ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause, dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'impresa.

#### Protezione superficiale

Subito dopo il completamento delle opere di rifinitura, dovrà essere eseguito lo stendimento di un velo protettivo di emulsione bituminosa in ragione di 1-2 Kg/m<sup>2</sup>, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto ed il successivo spargimento di sabbia.

#### Norme di controllo delle lavorazioni e di accettazione

La densità in sito dovrà essere maggiore o uguale al 98% della densità di progetto. Il controllo di detta densità dovrà essere eseguito con cadenza giornaliera (almeno una prova per giornata lavorativa) prelevando il materiale durante la stesa ovvero prima dell'indurimento; la densità in sito si effettuerà mediante i normali procedimenti a volumometro, con l'accorgimento di eliminare dal calcolo, sia del peso che del volume, gli elementi di dimensione superiore a 25 mm.

Ciò potrà essere ottenuto attraverso l'applicazione della formula di trasformazione di cui al precedente "modalità operative" del paragrafo "Fondazione in misto granulare a stabilizzazione meccanica", oppure attraverso una misura diretta consistente nella separazione mediante vagliatura degli elementi di pezzatura maggiore di 25 mm e nella loro sistemazione nel cavo di prelievo prima di effettuare la misura col volumometro. La sistemazione di questi elementi nel cavo dovrà essere effettuata con cura, elemento per elemento, per evitare la formazione di cavità durante la misurazione del volume del cavo stesso. Il controllo della densità potrà anche essere effettuato sullo strato finito (almeno con .15~20 giorni di stagionatura), i provini estratti da quest'ultimo tramite carotatrice; la densità secca ricavata come rapporto tra il peso della carota essiccata in stufa a 105÷110 °C fino al peso costante ed il suo volume ricavato per mezzo di pesata idrostatica previa paraffinatura

del provino, in questo caso la densità dovrà risultare non inferiore al 100% della densità di progetto.

Nel corso delle prove di densità verrà anche determinata l'umidità della miscela, che, per i prelievi effettuati alla stesa, non dovrà eccedere le tolleranze indicate al punto b) del presente articolo.

La resistenza a compressione ed a trazione verrà controllata su provini confezionati e stagionati in maniera del tutto simile a quelli di studio preparati in laboratorio, prelevando la miscela durante la stesa e prima del costipamento definitivo, nella quantità necessaria per il confezionamento dei sei provini (tre per le rotture a compressione e tre per quelle a trazione) previa la vagliatura al crivello da 25 mm. Questo prelievo dovrà essere effettuato almeno ogni 1500 m' di materiale costipato.

La resistenza a 7 giorni di ciascun provino, preparato con la miscela stesa, non dovrà discostarsi da quella di riferimento preventivamente determinato in laboratorio di oltre + 20%; comunque non dovrà mai essere inferiore a 2,5 N/mm<sup>2</sup> per la compressione e 0,25 N/mm<sup>2</sup> per la trazione.

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, disposto secondo due direzioni ortogonali, e tale scostamento non potrà essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito il ricarico superficiale e l'impresa dovrà rimuovere a sua totale cura e spese lo strato per il suo intero spessore.

#### A3) Fondazione stradale in pozzolana stabilizzata con calce idrata

Per l'esecuzione ditale sovrastruttura i lavori dovranno svolgersi nel seguente modo:

prima di spargere la calce idrata, lo strato di pozzolana dovrà essere conformato secondo le sagome definitive trasversali e longitudinali di progetto.

La calce idrata dovrà, essere distribuita uniformemente nella qualità che sarà precisata, di volta in volta, dalla D.L. in rapporto alle prove sulla miscela che saranno eseguite secondo le

modalità di seguito precisate. In ogni caso la quantità di calce idrata non potrà essere inferiore a 100 Kg per mc di pozzolana.

L'acqua dovrà essere aggiunta nella quantità necessaria con barre spruzzatrici a pressione e uniformemente incorporata nella miscela nelle quantità richieste per ottenere l'umidità specificata dalla D.L. in base sempre ai risultati delle suddette prove.

Ad avvenuta uniforme miscelazione della pozzolana acqua-calce idrata, l'impasto dovrà essere immediatamente costipato fino al raggiungimento della densità indicata dalla Direzione dei Lavori.

La miscela dovrà essere mantenuta umida con aggiunta di acqua nella quantità necessaria a sopperire le perdite verificatesi durante la lavorazione, ed infine lo strato sarà rifinito secondo gli ordini che di volta in volta verranno impartiti dalla D.L.

Dopo che la soprastruttura di pozzolana e calce sarà ultimata, dovrà essere immediatamente protetta la superficie per un periodo di almeno 20 giorni con sabbia o con stuoie onde evitare perdite di contenuto di umidità nella miscela.

Il macchinario da impiegare dovrà essere in buone condizioni d'uso e dovrà avere l'approvazione della D.L.

La calce dovrà essere consegnata in sacchi sigillati portanti scritto il marchio di fabbrica della cementeria e dovrà avere i requisiti prescritti dal R.D. 16.11.1939, numero 2231.

In ogni caso dovrà essere accettata dalla D.L. a suo giudizio insindacabile.

La calce idrata dovrà essere depositata in luoghi asciutti a riparo dalle piogge e dalle intemperie.

Tutta la calce che per qualsiasi ragione risulterà parzialmente deteriorata o conterrà impurità sarà rifiutata.

L'acqua da impiegarsi dovrà essere esente da impurità dannose, da acidi, alcali, materie organiche e qualsiasi altra sostanza nociva.

- L'attrezzatura di cantiere dovrà assicurare che lo spargimento della calce idrata venga effettuato con una precisione che non vari col variare delle condizioni della superficie del



terreno su cui si opera e dovranno assicurare una distribuzione uniforme delle quantità teoriche richieste per mq.

I lavori di spargitura della calce idrata potranno essere eseguiti soltanto quando le condizioni di temperatura dell'aria ambiente siano superiori a quattro gradi centigradi, il tempo non sia piovoso o molto nebbioso e si prevedano imminenti piogge.

La calce idrata dovrà essere sparsa solamente su quella parte del terreno che si preveda di completare entro le ore di luce dello stesso giorno; nessun macchinario, eccetto quello usato per miscelare, potrà attraversare la zona in cui è stata sparsa di fresco la calce idrata fino a quando questa non sia stata miscelata con la pozzolana.

- La percentuale di umidità della miscela, sulla base del peso secco, non dovrà essere inferiore all'ottimo indicato dalla D.L. e con l'uso di apparati speciali per la determinazione rapida dell'umidità.

Sarà responsabilità dell'appaltatore di raggiungere l'appropriata quantità di acqua alla miscela.

La miscela sciolta dovrà essere uniformemente costipata con le attrezzature approvate dalla D.L. fino al raggiungimento della densità ottima (fino al 98% AASHO Mod.).

La velocità di operazione e conseguentemente il numero dei metri costipati dovrà essere tale che il materiale precedentemente miscelato venga costipato per tutta la larghezza prevista e per la profondità prestabilita prima del tempo di inizio della presa della miscela.

Alla fine della giornata o, in ogni caso, a ciascuna della interruzione delle operazioni di lavori, dovrà essere posta una traversa in testata in modo che la parte terminale della miscela risulti soddisfacentemente costipata e livellata.

Il traffico potrà essere aperto solo dopo almeno 20 giorni.

L'Impresa potrà attrezzare in loco, a sua cura e spese un laboratorio da campo in modo da mettere la Direzione Lavori in condizioni di poter eseguire eventuali analisi che essa Direzione Lavori dovesse richiedere, con specifico riguardo alle prove con apparato triassiale; presso il laboratorio dell'impresa o presso quel laboratorio a cui la Impresa affida l'esecuzione delle

analisi; l'efficienza e l'idoneità di tale laboratorio dell'impresa saranno accertate insindacabilmente dalla Direzione, Lavori che potrà comunque far eseguire qualsiasi numero di prove presso laboratori ufficiali.

La pozzolana da usarsi dovrà essere esente da materie organiche e vegetali e dovrà essere di caratteristiche tali da dare una densità massima di laboratorio superiore a 1.5.

Dovranno essere eseguite prove di stabilità su miscela di calce idrata e del particolare tipo di pozzolana impiegata tutte le volte che la Direzione Lavori crederà opportuno presso i Laboratori Ufficiali ed in ogni caso almeno uno ogni 5000 mq di strada trattata.

Le prove saranno eseguite con il metodo della compressione triassiale (oppure compressione semplice) e non verranno accettate quelle miscele per le quali la linea di involuppo dei relativi cerchi di MOHR sia sottostante a quella avente una inclinazione di 45 gradi sull'orizzonte ed intersecante l'asse delle ordinate nel punto corrispondente a 3 Kg/cm<sup>2</sup>.

La fondazione stradale su descritta sarà valutata con il prezzo corrispondente all'art. S./23 della Tariffa a stampa del Comune di Roma Ediz. 1988, intendendosi in tale prezzo compensato ogni onere relativo alla fornitura dei materiali ed alla loro posa in opera secondo le caratteristiche e le modalità su descritte.

#### B) Conglomerati bituminosi a caldo per strati di base collegamento e usura

I conglomerati bituminosi sono costituiti da miscele di inerti (o aggregati), impastate a caldo, con legante bituminoso semisolido previo riscaldamento degli aggregati.

Gli aggregati possono essere nuovi, di frantumazione artificiale, integrati da frazioni (nelle percentuali massime indicate per ciascun tipo di strato) di materiale fresato da precedenti pavimentazioni, assortite granulometricamente (pietrischetti, graniglie sabbie e filler).

I conglomerati bituminosi sono posti in opera mediante macchina vibrofinitrice e successivamente costipati.

Prescrizioni per i materiali

Gli inerti dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei.

Gli elementi litoidi dovranno possedere un indice di forma specificato nelle prescrizioni di ciascun strato.

La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi (>2 mm), dagli aggregati fini (2 – 0,075 mm) e dai filler (<0,075 mm, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree, o costituiti da cemento, calce idrata, polvere d'asfalto, caratterizzati da un indice di plasticità =N.P., secondo la norma CNR UNI 10.014).

#### Leganti bituminosi

I leganti bituminosi semisolidi per uso stradale sono costituiti o da bitumi tradizionali o da bitumi modificati; dovranno essere usati nelle percentuali, in massa dell'aggregato, specificate per ciascuno degli strati in conglomerato bituminoso della sovrastruttura stradale. I requisiti di accettazione e le prove sono definiti negli artt. concernenti i bitumi tradizionali e quelli modificati.

#### Prescrizioni per la formazione e confezione delle miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Ogni impianto deve assicurare il perfetto essiccamento degli aggregati, il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta per il raggiungimento della viscosità necessaria fino al momento della miscelazione, oltre al perfetto dosaggio del bitume e del filler.

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. Per i conglomerati migliorati, utilizzando bitume modificato, la temperatura degli aggregati, all'atto della miscelazione, deve essere compresa tra i 160° e 180° C, e quella del legante tra 170° e 190° C, salvo diverse disposizioni dell'A.C., in rapporto al tipo di bitume e polimero impiegati.

Nel caso di utilizzazione di bitumi di provenienza visbreaking, le temperature degli inerti e del bitume dovranno opportunamente essere abbassate di 10-30 ° C rispetto alle temperature sopra indicate per i bitumi tradizionali. In tale caso, dovrà essere osservata la massima cura per garantire ugualmente l'essiccamento degli inerti, trattati a tali minori temperature.

Attivanti l'adesione ("dopes") per i conglomerati bituminosi

Nella confezione dei conglomerati bituminosi degli strati realizzati con materiali idrofili, specialmente se costituenti lo strato di usura, saranno impiegate, miscelate al bitume in impianto, speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume- aggregato, compensate nei prezzi. Tali sostanze non dovranno essere impiegate negli strati confezionati con aggregati idrofobi (ad es. calcari), in grado di consentire e conservare la perfetta adesione bitume-aggregato anche in presenza di acqua.

I tipi di attivante, i dosaggi e le tecniche di impiego devono ottenere il preventivo benestare dell'A.C.

L'immissione delle sostanze attivanti l'adesione nel bitume deve avvenire in impianto ed essere realizzata in modo da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

Posa in opera dei conglomerati bituminosi

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata mediante macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dall'A.C. 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, possibilmente con l'impiego di due finitrici con analoghe caratteristiche.

Qualora ciò non sia possibile, il bordo della striscia già realizzata possibilmente deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato, si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere sempre realizzati 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 interessate dalla 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; la temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare, in ogni condizione, non inferiore a 135° C, per i conglomerati tradizionali, e non inferiore ai 170°C, per i conglomerati migliorati a base di bitumi modificati. Nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia stato confezionato con bitume di provenienza visbreaking, la temperatura, dietro la finitrice, non dovrà essere 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.

Il costipamento dei conglomerati deve iniziare immediatamente dopo la stesa della vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Esso sarà realizzato con rulli di peso opportuno in modo da consentire il prescritto grado di costipamento. Al termine del

costipamento, gli strati di base, collegamento e usura devono presentare, in tutto il loro spessore, un grado di costipamento non inferiore al 97%, con riferimento alla massa volumica dei provini Marshall relativi al periodo di lavorazione controllato all'impianto.

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 metri, posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascun strato, deve aderirvi uniformemente; potrà essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Per lo strato di base, la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione soltanto dopo che sia stata accertata dall'A.C. la rispondenza di quest'ultima ai requisiti di quota, sagoma, grado di costipamento e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato, per garantirne l'ancoraggio, deve essere rimossa la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione acida al 55% stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Se la stesa del conglomerato avviene in doppio strato, tra di essi deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,5 kg/m<sup>2</sup>.

Controllo dei requisiti di accettazione dei conglomerati bituminosi

L'Impresa ha l'obbligo di far eseguire prove di controllo di idoneità dei campioni di aggregato e di bitume per la relativa accettazione da parte dell'A.C. , alla quale l'impresa è tenuta a presentare, per il controllo della idoneità, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato dall'A.C. lo studio di progetto e la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'impresa deve attenersi scrupolosamente, comprovandone l'osservanza con controlli sperimentali, presso laboratori specializzati, secondo la frequenza stabilita dall'A.C. e comunque non inferiore ad un prelievo per ogni due giorni di lavorazione consecutiva.

Nella curva granulometrica non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali di aggregato grosso ( $>2$  mm) di  $\pm 5$  per lo strato e  $\pm 3$  per gli strati di binder e di usura.

Per gli strati di base, di collegamento e di usura, non saranno ammesse variazioni del contenuto di sabbia (per sabbia si intende il passante al setaccio UNI 2 mm) di  $\pm 2\%$ ; per il passante al setaccio UNI 0,0075 mm (filler) di  $\pm 1,5\%$ .

Per la percentuale di bitume, non deve essere tollerato uno scostamento da quello di progetto di  $\pm 0,25\%$ .

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate sia all'impianto, sia all'atto della stesa, come pure dall'esame dei campioni prelevati in sito mediante carotaggio, tenuto conto, per questi ultimi, della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Per quanto sopra specificato, dovranno essere effettuati:

la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli inerti, percentuale di bitume;

la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito, in opera (massa volumica, percentuale dei vuoti, grado di costipamento di ciascun strato);

la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato che si pone in opera (massa volumica, stabilità e scorrimento Marshall).

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni, l'A.C. potrà effettuare, a sua discrezione, tutte le verifiche.

#### Modalità di esecuzione dei provini Marshall

Per gli strati di base, binder e usura (e per il binderone), i provini di conglomerato bituminoso devono essere confezionati con materiale prelevato direttamente dall'impianto di produzione del conglomerato o alla stesa, presso la finitrice, ed immediatamente costipato: per i bitumi tradizionali, alla temperatura prescritta al punto 3.3 della norma CNR 30/73; per i bitumi modificati, alla temperatura non inferiore ai  $180^{\circ}\text{C}$ .

In ogni caso i provini Marshall dovranno essere confezionati senza alcun ulteriore riscaldamento, rispetto a quello che è stato necessario per la preparazione della miscela. I valori di stabilità e scorrimento Marshall ottenuti da provini ricostituiti in laboratorio, mediante riscaldamento del conglomerato prelevato in cantiere e lasciato raffreddare non possono essere considerati significativi. Il confezionamento di provini marshall mediante secondo riscaldamento potrà essere soltanto indicativo per la determinazione della massa volumica ed il controllo del grado di costipamento del conglomerato in opera, qual'ora non si sia proceduto alla confezione di provini Marshall durante le operazioni di stesa.

Così pure non potranno essere presi in considerazione, perché assolutamente privi di significato, i valori della stabilità Marshall eseguita su carote prelevate dalla pavimentazione.

#### B1) Bitumi Tradizionali di base

Sono miscele di idrocarburi e loro derivati organici, derivati dal petrolio, completamente solubili in solfuro di carbonio, dotati di capacità legante.

Salvo diversa prescrizione dovranno essere usati bitumi tradizionali (di base) caratterizzati da penetrazione 50 -70.

#### Requisiti di accettazione

Sono indicati nella tabella seguente; le percentuali, rispetto alla massa dell'aggregato, sono specifiche per ciascuno degli strati in conglomerato bituminoso della sovrastruttura stradale.

*Tabella: specifiche tecniche del bitume tradizionale B 50-70*

Caratteristica	Metodo	Unità di misura	Min-max	Valore	Corrisp. CNR
Penetrazione a 25°C	EN 1426	mm/10		50-70	24/71
Rammollimento	EN 1427	°C		46-54	35/73
Indice di penetrazione			Min	-1	
Punto di rottura Fraass	EN 12593	°C	Max	-8	43/74



Punto di infiammabilità	EN 22592	°C	Min	230	72/79
Solubilità	EN 12592	%	Min	99	48/75
Viscosità dinamica a 60°C	ASTM D 4402	mPa-s	Min	145000	
Resistenza all'invecchiamento	EN 12607-1 (RTFOT)				54/77
Penetrazione residua		%	Min	50	
Incremento P&A		°C	max	10	

#### Prove

Le Caratteristiche del bitume dovranno essere rilevate su campioni prelevati direttamente dalle cisterne o dai serbatoi di stoccaggio.

Le verifiche indicate in grassetto nella tabella sono considerate prioritarie.

#### B2) Bitumi modificati

Sono costituiti da bitumi semisolidi contenenti additivi polimerici (elastomeri e/o plastomeri) prodotti in impianti dotati di idonei dispositivi di miscelazione.

#### Requisiti di accettazione

Il fornitore di bitume modificato deve certificare i valori dei seguenti parametri:

- dispersione del polimero (ad es. mediante microspia, prova EN 13632);
- solubilità, usando l'adatto solvente indicato dal fornitore stesso;
- temperatura di uso (minima T di stoccaggio e pompaggio, min e max T di miscelazione).

All'impianto si provvederà alla necessaria integrazione del legante e delle sostanze rigeneranti, al fine di conferire al legante finale le caratteristiche richieste.

Le percentuali, rispetto alla massa dell'aggregato, sono specificate per ciascuno degli strati in conglomerato bituminoso della sovrastruttura stradale.

Se non diversamente prescritto, i bitumi modificati per le applicazioni stradali devono possedere i requisiti indicati nella tabella seguente. La classe B riguarda le applicazioni tradizionali (conglomerati migliorati); la classe A è per drenanti e fono assorbenti, conglomerati chiusi ad alte prestazioni, manti ultrasottili.

Tabella: specifiche tecniche del bitume tradizionale BM 50-70

Caratteristica	Metodo	U. M.	Min - max	Classe A 50-70 P&A=> 65	Classe A 50-70 P&A=> 60	Altre norme di riferimento
Penetrazione a 25°C	EN 1426	mm/10		50-70	50-70	
Rammollimento (P&A)	EN 1427	°C	Min	65	60	
Punto di rottura Fraass	EN 12593	°C	Max	-15	-12	
Punto di infiammabilità	EN 22592	°C	Min	230	230	
Viscosità dinamica a 160°C	ASTM 4402	mPa-s	Min	400	300	
Ritorno elastico	EN 13398	%	Min	75	50	DIN 52013
Stabilità allo stoccaggio	EN 13399					
Differenza P&A		°C	Max	5	5	
Resistenza all'invecchiamento	EN 12607 -1 (RTFOT)					
Penetrazione Residua		%	Min	60	60	

Incremento P&A		°C		0/5	0/5	
----------------	--	----	--	-----	-----	--

#### Prove

Le caratteristiche del bitume dovranno essere rilevate su campioni prelevati direttamente dalle cisterne o dai serbatoi di stoccaggio.

Il bitume sarà riconosciuto come modificato solo se siano raggiunti tutti i parametri minimi, nessuno escluso, indicati nella tabella n. 3.

#### B3) Strato di base in conglomerato bituminoso

Nella miscela di aggregati dello strato di base l'A.C. potrà autorizzare l'uso di inerti non frantumati in una percentuale massima del 35% in massa degli aggregati (per "non frantumato" s'intende un elemento litico che abbia anche una sola faccia arrotondata).

Per la costruzione della miscela, potrà altresì essere impiegato materiale fresato da qualsiasi precedente strato bituminato di pavimentazioni stradali, purché in quantità non superiore al 35% della massa totale della miscela di conglomerato.

#### Prove

Le prove riguarderanno :l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidità Marshall, la percentuale dei vuoti.

La prova Marshall eseguita su provini confezionati con bitume tradizionale o con bitume modificato, che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, deve dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR 121/87).

#### B4) Strato di collegamento (Binder) in conglomerato Bituminoso

Nella miscela dello strato di collegamento non potranno essere utilizzati inerti non frantumati in quantità superiore al 10% in massa degli aggregati (per “non frantumati” s’intende un elemento litico che abbia anche una sola faccia arrotondata).

Per la costruzione della miscela potrà essere impiegato materiale fresato da precedenti strati di manto di pavimentazioni stradali, purché in quantità non superiore al 15% della massa totale della miscela di conglomerato. In tale caso all’impianto dovrà provvedersi alla necessaria integrazione del legante e delle sostanze rigeneranti, al fine di conferire al legante finale le caratteristiche richieste dall’ A.C.

Tabella: aggreganti, bitumi, conglomerato per lo strato di collegamento

Aggregati						
Caratteristica				Valore		Riferimento
Perdita in massa alla prova Los Angeles				=>25 % <i>in massa</i>		CNR 34/73
Sensibilità al gelo				=<30		CNR 80/80
Porosità				=<1.5%		CNR 65/78
Spogliamento in acqua a 40°C, con eventuale impiego di “dope” d’adesione				=<5%		CNR 138/92
Aggregato frantumato				=> 90% <i>in massa dell’insieme degli inerti</i>		
Indice di forma dei grani della miscela di inerti				=<25		CNR 95/84
Gli aggregati dovranno avere una composizione granulometrica compresa nel fuso sotto indicato, con andamento continuo, concorde con quello delle curve limiti.						
Setaccio mm	criv	Passante tot in massa %		Setaccio mm	criv	Passante tot in massa %
20	25	100		0.4		10-20
12.5	15	65-85		0.18		5-15

8	10	55-75		0.075		5-9
4	5	35-55		0.075		4-8
2		25-38				
Bitume						
Percentuale riferita alla massa totale degli inerti =>4.5 %						
Specifiche tecniche vedasi Tabella: Specifiche tecniche del bitume tradizionale B 50-70						
Specifiche tecniche vedasi Tabella: Specifiche tecniche dei bitumi modificati BM 50-70						
Conglomerato						
Percentuale riferita alla massa totale degli inerti 4.5 – 5.2 %						
Prova	Bitume tradizionale		Bitume modificato		Riferimento	
Stabilità Marshall	>1000 daN		>1100 da N		CNR 30/73	
Rigidezza Marshall	300 – 450 da N/mm		350 – 450 da N/mm			
Percentuale di vuoti residui	4 – 6 %		4 – 6 %		CNR 39/73	

#### Prove

Le prove riguarderanno: l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidezza Marshall, la percentuale dei vuoti.

La prova Marshall eseguita su provini confezionati con bitume tradizionale o con bitume modificato, che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 giorni, deve avere un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR 121/87).

B5) Strato di base e collegamento ("binderone") in conglomerato bituminoso

Nella miscela dello strato di base e collegamento dovranno essere utilizzati inerti frantumati di pezzatura non superiore a 25 mm.

Potrà essere impiegato materiale fresato da precedenti strati di manto di pavimentazioni stradali in quantità non superiore al 15% della massa totale della miscela di conglomerato. In tale caso, all'impianto dovrà provvedersi alla necessaria integrazione del legante e delle sostanze rigeneranti, al fine di conferire al legante finale le caratteristiche richieste. Per il binderone miscelato a caldo con bitume modificato la stesa deve avvenire ad una temperatura superiore di circa 20°C rispetto alla temperatura del conglomerato tradizionale.

Tabella: aggregati, bitumi, conglomerato per lo strato di base e collegamento (binderone)

Aggregati			
Caratteristica	valore	Riferimento	
Perdita in massa alla prova Los Angeles	=< 25% in massa	CNR 34/73	
Gli aggregati dovranno avere una composizione granulometrica compresa nel fuso concordato			
Bitume			
Percentuale riferita alla massa degli inerti: 4,5 e il 4%			
Specifiche tecniche vedasi tabella: specifiche tecniche del bitume tradizionale B 50-70			
Specifiche tecniche vedasi tabella: Specifiche tecniche dei bitumi modificati BM 50-70			
Conglomerato			
Percentuale riferita alla massa totale degli inerti:4.5 -5%			
Prova	Bitume tradizionale	Bitume modificato	Riferimento
Stabilità Marshall	> 1000 da N	> 1100 da N	CNR 30/43
Rigidezza Marshall	300 – 450 da N/mm	350 – 450 da N/mm	
Percentuale di vuoti residui	4 – 6%	4 – 6%	CNR 39/73

Prove

Le prove riguarderanno : l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidezza Marshall, la percentuale dei vuoti.

La prova Marshall eseguita su provini confezionati con bitume tradizionale o con bitume modificato, che abbiano subito un periodo di immersione in acqua tradizionale per 15 giorni, deve dare un valore di Stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR 121/87).

#### B6) Strato di usura in conglomerato bituminoso

##### Prescrizioni

Nella miscela dello strato di usura non potranno assolutamente essere utilizzati inerti non frantumati (per "non frantumato" s'intende un elemento litico che abbia anche una sola faccia arrotondata).

La quantità di frantumato, per l'aggregato grosso (> 2 mm), deve essere =100% della massa degli aggregati.

La sabbia dovrà essere costituita da sabbia di frantumazione artificiale almeno per il 90% dell'insieme della frazione sabbiosa.

Tabella: aggreganti, bitumi, conglomerato per lo strato di usura

Aggregati		
Caratteristica	Valore	Riferimento
Perdita in massa alla prova Los Angeles	=> 18% in massa	CNR 34/73
Levigabilità accelerata	>0.43	CNR 140/92
Sensibilità al gelo	=<30	CNR 80/80
Porosità	=<1.5%	CNR 65/78
Spogliamento in acqua a 40°C, con eventuale impiego di "dope" d'adesione	0%	CNR 138/92
Aggregato frantumato, per l'aggregato grosso (> 2mm)	= 100% della massa degli aggregati	

Sabbia di frantumazione artificiale				=>90% dell'insieme della frazione sabbiosa		
Indice di forma dei grani della miscela di inerti				=<25		CNR 95/84
Gli aggregati dovranno avere una composizione granulometrica compresa rispettivamente nel fuso A o nel fuso B( sotto indicati)se lo spessore finito previsto è compreso tra 4 e 6 cm, oppure di 3 cm.						
Setaccio mm	criv	Passante tot in massa %		Setaccio mm	Passante tot in massa %	
		A	B		A	B
16	20	100	-	2	25-38	25-38
12.5	15	90-100	100	0.4	11-20	11-20
8	10	70-90	70-90	0.18	8-15	8-15
4	5	40-55	40-60	0.075	6-10	6-10
Bitume						
Percentuale riferita alla massa totale degli inerti =>4.5 %						
Specifiche tecniche vedasi Tabella: Specifiche tecniche del bitume tradizionale B 50-70						
Specifiche tecniche vedasi Tabella: Specifiche tecniche dei bitumi modificati BM 50-70						
Conglomerato						
Percentuale riferita alla massa totale degli inerti 4.5 – 5.5 %						
Prova		Bitume tradizionale		Bitume modificato		Riferimento
Stabilità Marshall		>1200 daN		>1250 da N		CNR 30/73
Rigidezza Marshall		300 – 450 da N/mm		350 – 500 da N/mm		
Percentuale di vuoti residui		4 – 5 %		3 –56 %		CNR 39/73

Prove

Le prove riguarderanno: l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidezza Marshall, la percentuale dei vuoti.



La prova Marshall eseguita su provini confezionati con bitume tradizionale o con bitume modificato, che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata per 15 gg, deve dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente determinato (CNR 12/87).

B7) Strato di usura in conglomerato bituminoso modificato del tipo drenante fono assorbente (anti skid split- mastix)

#### Prescrizioni

Gli aggregati lapidei che costituiscono la fase solida del tappeto drenante –fonoassorbente sono: aggregato grosso, aggregato fino e filler (che può provenire dalla frazione fina o di additivazione).

*Tabella: strato di usura in conglomerato bituminoso modificato del tipo drenante – fono/assorbente*

Aggregato Grosso			
<i>Costituito da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, trattenuto al setaccio ASTM n. 5 (luce 4 mm)</i>			
Parametro	Unita' Di Misura	Valore	Riferimento
<i>Los angeles</i>	%	<i>=&lt;20</i>	<i>CNR 34/73 – EN 1097-2</i>
<i>Quantità di frantumato</i>	%	<i>100</i>	<i>EN 933-5</i>
<i>Dimensione max</i>	<i>Mm</i>	<i>10</i>	<i>CNR 23/71</i>
<i>Sensibilità al gelo</i>	%	<i>=&lt;30</i>	<i>CNR 80/80 – EN 1367-1</i>
<i>Coeff. Di forma</i>		<i>=&lt;3</i>	<i>CNR 95/84</i>
<i>Coeff. Di appiattimento</i>		<i>=&lt;1.58</i>	<i>CNR 95/84 – EN 933-3</i>

CLA	%	=< 45	CNR 140/92
Aggregato fino			
<i>Costituito da sabbie frantumate, trattenuto al setaccio ASTM n. 5 (luce 4mm)</i>			
Parametro	Unita' Di Misura	Valore	Riferimento
<i>Equivalente in sabbia</i>	%	=> 80	CNR 27/72
<i>Quantità di frantumato</i>	%	100	CNR 109/85
Filler			
<i>Frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, passante al setaccio 0.075 mm</i>			
Parametro	Unita' Di Misura	Valore	Riferimento
<i>Passante al setaccio ASTM 80</i>	%	100	CNR 23/71
<i>Passante al setaccio ASTM 200</i>	%	=>80	CNR 75/80
Bitume modificato			
Parametro	Unita' Di Misura	Valore	Riferimento
<i>Penetrazione a 25°C</i>	<i>Dmm</i>	50-70	EN 1426 – CNR 24/71
<i>Punto di rammollimento</i>	°C	=>65	EN 1427 – CNR 35/73
<i>Punto di rottura (Fraass)</i>	°C	=< -15	CNR 43/74
<i>Viscosità dinamica 160°C</i>	<i>Paxs</i>	=>0.4	PrEN 13072-2
<i>Ritorno elastico a 25°</i>	%	=>75	EN 13398
<i>Stabilità allo stoccaggio 3 gg a 180°C</i>	°C	=<0.5	EN 13399
<i>Valori dopo RTFOT</i>			EN 12607-1

Volatilità	%	=<0.8	CNR 54/77
Penetrazione residua a 25°	%	=>60	EN 1426 – CNR 24/71
Incremento del punto di rammollimento	°C	=<5	ENI 1427 – CNR 35/73
<p align="center">Additivo</p> <p><i>Per il tappeto drenante-fonoassorbente è costituito da microfibre di cellulosa prebituminata che, aggiunte all'impasto in fase di miscelazione all'impianto garantiscono una perfetta stabilizzazione del mastice bituminoso (filler +bitume), evitandone la separazione dallo scheletro litico. Le suddette fibre di cellulosa devono soddisfare i seguenti requisiti:</i></p>			
Caratteristica del granulato:Pillet grigio di forma cilindrica		Caratteristica della fibra	
Contenuto di fibra	79% - 84%	Materia prima	Cellulosa grezza per applicazioni industriali
Contenuto di bitume	21% - 16%	Contenuto cellulosa	80+/- 5%
Lunghezza media del pillet	2 – 8 mm	Ph	4.5 +/- 1
Diametro medio del Pillet	5+/- 1 mm	Lunghezza media della fibra	1100 um
Densità apparente	450 – 200 g/l	Spessore medio della fibra	45 um
Contenuto di granulato < 3.55mm	Max 5%		
<p>Miscela per tappeto drenante fonoassorbente</p> <p>La quantità di bitume impiegata viene determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, si utilizza il metodo Marshall</p>		<p>Assorbimento acustico</p> <p><i>La caratteristica relativa è riportata nella seguente tabella e viene espressa in coefficiente alfa di fonoassorbenza; tale caratteristica viene rilevata su provini cilindrici prelevati in situ, applicando il metodo ad onde stazionarie (TUBO DI KUNDT)</i></p>	

Parametro	Valore		frequenza	Coefficiente di fono assorbenza (alfa)
Passante al setaccio astm 10	Max 20%		630	=>0.03
Passante al setaccio astm 4	Min 25%		800	=>0.2
Rapporto filler – legante bituminoso	1 – 1.3		1000	=>0.35
			1600	=>0.20
			2000	=>0.20

#### Prove

Le prove riguarderanno: l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidità Marshall, la percentuale dei vuoti, l'assorbimento acustico.

### 13.2 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

Immediatamente prima di dare inizio ai trattamenti superficiali di prima o di seconda mano, l'impresa delimiterà i bordi del trattamento con un arginello in sabbia onde ottenere i trattamenti stessi profilati ai margini.

Ultimato il trattamento resta a carico dell'impresa l'ulteriore profilatura mediante esportazione col piccone delle materie esuberanti e colmataura delle parti mancanti col pietrischetto bituminoso.

#### Trattamento A Freddo Con Emulsione

Preparata la superficie da trattare, si procederà all'applicazione dell'emulsione bituminosa al 50%, in ragione, di norma, di Kg 4 per metro quadrato.

Tale quantitativo dovrà essere applicato in due tempi.

In un primo tempo sulla superficie della massicciata dovranno essere sparsi Kg 2,5 di emulsione bituminosa e  $\text{dm}^2$  12 di graniglia da mm 10 a mm 15 per ogni metro quadrato.

In un secondo tempo, che potrà aver luogo immediatamente dopo, verrà sparso sulla superficie precedente il residuo di Kg 1 di emulsione bituminosa e  $\text{dm}^2$  8 di graniglia da mm 5 a mm 10 per ogni metro quadrato.

Allo spargimento della graniglia seguirà una leggera rullatura da eseguirsi preferibilmente con rullo compressore a tandem, per ottenere la buona penetrazione della graniglia negli interstizi superficiali della massicciata.

Lo spargimento dell'emulsione dovrà essere eseguito con spanditrici a pressione che garantiscano l'esatta ed uniforme distribuzione, sulla superficie trattata, del quantitativo di emulsione prescritto per ogni metro quadrato di superficie nonché, per la prima applicazione, la buona penetrazione nel secondo strato della massicciata fino a raggiungere la superficie del primo, si da assicurare il legamento dei due strati.

Lo spandimento della graniglia o materiale di riempimento dovrà essere fatto con adatte macchine che assicurino una distribuzione uniforme.

Per il controllo della qualità del materiale impiegato si preleveranno i campioni con le modalità stabilite precedentemente.

Indipendentemente da quanto possa risultare dalle prove di laboratorio e dal preventivo benessere da parte della Direzione dei lavori sulle forniture delle emulsioni, l'impresa resta sempre contrattualmente obbligata a rifare tutte quelle applicazioni che, dopo la loro esecuzione, non abbiano dato soddisfacenti risultati, e che sotto l'azione delle piogge abbiano dato segni di rammollimento, stemperamento o si siano dimostrate soggette a facile esportazione mettendo a nudo la sottostante massicciata.

Trattamento Superficiale Mono-Strato Realizzato Con Emulsione Bituminosa Prodotta Da Bitumi Modificati E Graniglie Di Prima Categoria

#### modalità di esecuzione

- Accurata pulizia della superficie stradale per eliminare polvere, terra e quant'altro in genere.
- Per mezzo di apposite autocisterne dotate di autonomo impianto di riscaldamento, barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile automaticamente dall'operatore e di computerizzate strumentazioni di controllo della quantità, progettate e costruite tali da garantire l'uniformità durante la stesa di emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati con SBS-Radiali, con le prescrizioni come da capitolato, in ragione di 1,5 Kg/mq, in funzione delle condizioni del manto stradale, alla temperatura di 60-80°C.
- Immediata stesa della graniglia, avente generalmente la pezzatura di 4-8 o 3-6mm secondo le indicazioni dell'elenco voci, data uniformemente a mezzo di apposito spandigraniglia in ragione di lt. 6/7mq o lt. 4-6/mq
- Adeguata rullatura con rullo compressore da 6/7 t.
- Successiva eliminazione di eventuali eccessi di graniglia con motospazzatrice, anche a più riprese o nei giorni successivi alla posa in opera
- Apertura al traffico con velocità ridotta pari a 30 Km/h.

Se indicato nella voce della lavorazione dell'elenco prezzi o se ordinato dalla Direzione lavori, il trattamento superficiale in monostrato dovrà eseguirsi con apposita macchina semovente che provveda alla contemporanea stesa e dosaggio del legante e dell'inerte. in tale caso all'impresa esecutrice dei lavori non gli verrà riconosciuta nessuna maggiorazione rispetto al prezzo offerto in sede di gara.

I lavori dovranno essere eseguiti a temperature ambiente non inferiori a +10°C cd in assenza di forte umidità e ovviamente di pioggia.

Emulsione bituminosa modificata

EMULSIONE CATIONICA DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI TERMOPLASTICI SUS AL 70% dalle seguenti caratteristiche:

	CARATTERISTICHE	METODO DI PROVA	VALORI
a	Contenuto d'acqua	CNR 100/84	30 ±1%
b	Contenuto di legante	100 -a)	70±1%

c	Contenuto di bitume	CNR 100/84	>69%
d	Contenuto di lussante	CNR 100/84	0
e	Demulsività	ASTM D 244 -72	50-100
f	Omogeneità	ASTM D 244 -72	MAX 0.2%
g	Sedimentazione a 5 gg	ASTM D 244 -72	MAX 5%
h	Viscosità engler a 20°C	CNR 102	>20°E
i	Ph (grado di acidità)	ASTM E 70	2-4

Caratteristiche del bitume SBS emulsionato

L	Penetrazione a 25C	CNR 24/71	50 – 70 dmm
m	Punto di rammollimento	CNR 35/73	Migliore di 65°C
n	Punto di rottura (Frass)	CNR 43/72	Migliore di -18°C

Materiali inerti

Dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

Los Angeles	=<18%
Coefficiente di frantumazione (valore massimo)	120
Perdita per decantazione (valore massimo)	1
Coeff. Di levigatezza accelerata "CLA" (CNR 140/92)	>0.45
Coeff di forma (CNR 95/84)	<3
Coeff. Di appiattimento /CNR95/84)	<1.56
Sensibilità al gelo (CNR 80/80)	<20%
Spogliamento in acqua a 40°C (CNR 138/92)	0%

Si riportano qui di seguito i fusi granulometrici degli inerti ed i relativi quantitativi da impiegare:

GRANIGLIA	GRANIGLIA
-----------	-----------

apertura		4/8 mm	3/6 mm
Setacci ASTM	mm	Passante al setaccio % in peso	
3/4"	19.5		
1/2"	12.5		
3/8"	9.5	100	
1/4"	6.25	88-100	100
n. 4	4.75	26-55	92-100
n.10	2	0-5	2-15
n.40	0.42	0	0
n.80	0.18		
n.200	0.075		
Lt/mq		6/7	4/6

Il materiale lapideo, ottenuto da frantumazione di rocce, dovrà essere di forma poliedrica, ben pulito ed esente da ogni traccia di argilla e sporco in genere.

#### *Requisiti di accettazione*

Determinazione del contenuto di emulsione al mq e della uniformità di stesa

Dovranno essere allegate alla contabilità copie delle bolle, riferite al cantiere specifico, dalle quali risulti la quantità netta effettivamente scaricata su strada. La Direzione lavori si riserva di effettuare la pesatura a campione, oppure di tutte le cisterne spanditrici operanti sul cantiere.

Le cisterne spanditrici dovranno essere costruite con accorgimenti tali da garantire una stesa di legante in opera, omogenea, sia in senso orizzontale che longitudinale. In particolare dovranno essere dotate di barra automatica di spandimento a dosaggio controllato e larghezza variabile automaticamente durante la stesa del legante. Il quantitativo globale a mq. richiesto nel capitolato in ogni punto della pavimentazione, dovrà essere considerato il minimo. In caso di difetto, contenuto entro il 10%, sarà applicata una detrazione pari al 15% del valore complessivo della pavimentazione eseguita fino al momento della campionatura.



In caso di difetto, superiore al 10%, sul quantitativo globale al mq. la pavimentazione sarà rifiutata e dovrà essere rimossa e allontanata a cura e spese della Impresa appaltatrice.

Determinazione Qualità e quantità graniglie:

Prima dell'inizio dei lavori, l'impresa dovrà fornire alla Direzione lavori certificati di Laboratorio, dai quali risultino le caratteristiche fisico-meccaniche e le curve granulometriche delle graniglie che verranno impiegate. La Direzione lavori si riserva di accettare o respingere i materiali proposti. Nel caso di accettazione, le graniglie impiegate saranno sottoposte ad ulteriori accertamenti di laboratorio, e da questi dovranno risultare uguali ai campioni proposti. In caso di difformità, per risultati contenuti entro il 5%, si applicherà una detrazione del 15% sul valore complessivo della pavimentazione eseguita fino al momento della prova. Per valori che risultino difformi oltre il 5%, la pavimentazione verrà rifiutata, e dovrà essere rimossa e allontanata a cura e spese dell'Impresa appaltatrice.

Per determinare la quantità di graniglia, si eseguiranno un congruo numero di prove, a discrezione della Direzione . lavori, durante lo spargimento della stessa, ponendo su strada al passaggio delle macchine spandigraniglia, rettangoli di superficie nota, e provvedendo alla pesatura della graniglia raccolta, comparata con il peso specifico della stessa.

In caso di mancanza dovrà essere idoneamente integrata, in caso di eccesso dovrà essere spazzata e allontanata.

Controllo qualità delle emulsioni bituminose:

Prima dell'inizio dei lavori, l'impresa, dovrà fornire alla Direzione lavori, una scheda tecnica e certificato ufficiale di qualità rilasciato da Laboratorio autorizzato, dei leganti bituminosi che intende impiegare. Da questi documenti si dovrà riscontrare l'idoneità rispetto alle norme di capitolato. In corso d'opera saranno prelevati campioni dalle cisterne spanditrici e sottoposte a prove di laboratorio. In caso di difformità rispetto alle prescrizioni tecniche di capitolato, anche riferite ad una sola caratteristica, contenute entro il 2% per il contenuto di legante ed il 10% per le altre caratteristiche, si applicherà una detrazione del 15% sul prezzo complessivo della pavimentazione eseguita fino al momento del prelievo. Per difformità di valori, superiori

al 2% per il contenuto di legante ed il più o meno 10% per tutti gli altri valori, anche se riferite ad una sola caratteristica, la pavimentazione sarà rifiutata, e dovrà essere rimossa e allontanata a cura e spese della Ditta appaltatrice.

Rugosità superficiale:

La superficie finita del trattamento superficiale messo in opera, dovrà presentare:

- resistenza di attrito radente, misurata con l'apparecchio portatile a pendolo "Skid Resistance Tester" (secondo la norma C.N.R. B.U. n.105/1985) su superficie pulita e bagnata, riportata alla temperatura di riferimento di 15°C:
- inizialmente, ma dopo almeno 15 giorni dall'apertura al traffico non inferiore a 65 BPN
- dopo un anno dall'apertura al traffico, non inferiore a 55 BPN;
- coefficiente di aderenza trasversale (CAT) misurato con l'apparecchio S.C.R.I.M. (Siderway Force Coefficient Investigation Machine), secondo la norma C.N.R. B.U. n. 147/92, non inferiore a 0,60.

Le misure di BPN e CAT dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 150 ed il 90° giorno dall'apertura al traffico.

Tali valori si intendono come minimi, e pertanto qualora non si raggiungessero i termini sopra indicati l'impresa dovrà rimuovere a sua cura e spese tutti i tratti della pavimentazione trattata non rispondenti ai requisiti minimi di aderenza superficiale.

Note: le detrazioni nella misura del 15% sul valore della pavimentazione saranno tollerate una sola volta. Nell'ipotesi di dovere applicare la detrazione una seconda volta la pavimentazione sarà rifiutata e dovrà essere rimossa ed allontanata a cura e spese della impresa appaltatrice.

Trattamento superficiale doppio-strato realizzato con emulsione bituminosa prodotte da bitumi modificati e graniglie di prima categoria

Modalità di esecuzione

- Accurata pulizia della superficie stradale per eliminare polvere, terra e quant'altro in genere.
- Stesa della prima mano, per mezzo di apposite autocisterne dotate di autonomo impianto di riscaldamento, barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile e di computerizzate strumentazioni di controllo della quantità, progettate e costruite tali da avere l'uniformità della stesa di emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati con SBS-Radiali, con le prescrizioni da capitolato di 1,2 Kg/mq massimo alla temperatura di 60-80°C.
- Immediata stesa del primo strato di graniglia, avente generalmente la pezzatura di 8÷12 o 12÷18 mm, data uniformemente a mezzo di apposito spandigraniglia in ragione di IL 7/9/mq o lt.10÷11/mq.
- Stesa di una seconda mano di emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati con SBS-Radiali, in ragione di 1,300 Kg/mq.
- Successiva stesa del secondo strato di graniglia, avente generalmente la pezzatura di 3÷6 o 4÷8 mm, data uniformemente a mezzo di apposito spandigraniglia in ragione di lt. 4÷6/mq o lt. 6÷7/mq.
- Adeguata rullatura con rullo compressore da 6/7 t.
- Successiva eliminazione di eventuali eccessi di graniglia con motospazzatrice anche a più riprese e nei giorni successivi alla posa in opera;
- Apertura al traffico con velocità ridotta pari a 30 Km/h

Se indicato nella voce della lavorazione dell'elenco prezzi o se ordinato dalla Direzione lavori, il trattamento superficiale in doppio strato dovrà eseguirsi con apposita macchina semovente che provveda alla contemporanea stesa e dosaggio del legante e dell'inerte. In tale caso all'impresa esecutrice dei lavori non verrà riconosciuta nessuna maggiorazione rispetto al prezzo offerto in sede di gara.

I lavori dovranno essere eseguiti a temperature ambiente non inferiori a +10°C ed in assenza di forte umidità e ovviamente di pioggia.

Emulsione bituminosa modificata

#### Requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni riportate al punto precedente: *“Trattamento superficiale monostrato realizzato con emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati e graniglie di prima categoria”*.

#### Trattamento ad impregnazione di strade sterrate con emulsioni bituminose

Il trattamento superficiale ad impregnazione eseguito con emulsioni bituminose è adatto per impermeabilizzare ed irruvidire le pavimentazioni stradali con fondazioni in terra, misto granulare, in pietrisco tipo Mac Adam o similari. Inoltre, il procedimento si finalizza in un marito legato alla superficie trattata, pertanto se indicato nella voce dell’elenco prezzi o su ordinativo della Direzione lavori si dovrà fare utilizzo di inerti da precise tonalità di colore, con le caratteristiche rispondenti ai successivi requisiti di accettazione, al fine di decidere l’impatto ambientale delle superfici trattate. Qualora il trattamento superficiale sia vincolato soprattutto dal fatto di ridurre l’impatto ambientale, indipendentemente dal volume di traffico veicolare, sarà necessario prevedere per la stesa di emulsione nella 2° e 3° mano, l’utilizzo di emulsione cationica, prodotta con bitumi modificati. L’applicazione della stesa di emulsione cationica per impregnazione a lenta rottura è capace di aderire agli strati polverosi e di scendere tra gli interstizi in profondità nella massicciata in modo da creare uno strato bituminoso di fondazione di rinforzo e predisposto a ricevere il successivo trattamento superficiale.

#### Modalità di esecuzione

- Eventuale risagomatura della strada con misto granulare a stabilizzazione meccanica, di pezzatura 0/25 mm, disteso con motograder, spargimento di pietrischetto di pezzatura 12/18 mm in ragione di 15 l/mq e abbondante bagnatura della superficie con apposito autobotte.
- Spargimento di una prima mano di emulsione cationica da impregnazione al 55% di bitume a lenta rottura, in quantità non inferiore a 2,5 Kg/mq, mediante apposite autocisterne

dotate di autonomo impianto di riscaldamento, barra di spruzzatura automatica a larghezza regolabile automaticamente dall'operatore e di computerizzate strumentazioni di controllo della quantità, progettate e costruite tali da garantire l'uniformità durante le operazioni di stesa.

— immediata stesa, con apposito spandigraniglia, di pietrisco di pezzatura 12/18 mm, in ragione di 10 l/mq e successiva rullatura con rullo statico da 8/10t.

— Stesa di una seconda mano: di emulsione cationica al 69% di bitume, in quantità non inferiore a 1,5 Kg/mq per strada a traffico leggero per strada a traffico medio/pesante di emulsione cationica al 70% di bitume, prodotta da bitumi modificati, in quantità non inferiore a 1,5 Kg/mq.

— Immediata stesa, con apposito spandigraniglia, di pietrisco di pezzatura 8/12 mm, in ragione di 10 l/mq.

— Stesa di una terza mano di emulsione cationica al 69% di bitume, in quantità non inferiore a 1,5 Kg/mq per strade a traffico leggero e di emulsione cationica al 70%, prodotta da bitumi modificati, in quantità non inferiore a 1,5 Kg/mq per quelle a traffico medio/pesante.

— Saturazione con apposito spandigraniglia, di graniglia di pezzatura 4/8 o 3/6 mm in ragione di 5 o 6 l/mq e successiva rullatura.

— Apertura al traffico con velocità ridotta pari a 30 Km/h.

Il giorno successivo la posa del materiale è opportuno provvedere alla rimozione della graniglia eccedente mediante motospazzatrice aspirante. Tutti gli accorgimenti tecnici, cautele, precauzioni, spese per le prove di laboratorio (preliminari e in corso d'opera) e quanto altro sia dato come ordinativo dalla Direzione lavori, per eseguire la posa a perfetta regola d'arte, sono a completo carico dell'impresa, in quanto si intendono già compresi nel prezzo della lavorazione finita.

I lavori dovranno essere eseguiti a temperature ambiente non inferiori a +10°C ed in assenza di forte umidità e ovviamente di pioggia.

Il materiale lapideo, ottenuto da frantumazione di rocce, dovrà essere di forma poliedrica ben pulito ed esente da ogni traccia di argilla e sporco in genere.

#### Requisiti di accettazione

Valgono le stesse prescrizioni riportate all'articolo precedente: *“Trattamento superficiale monostrato realizzato con emulsione bituminosa prodotta da bitumi modificati e graniglie di prima categoria”*

#### Additivi colorati per conglomerati bituminosi

Per la produzione di conglomerati bituminosi colorati l'additivo da usare sulla loro formazione, sarà ITERLENE 1301, esente da oli di catrame ed altro a garantire un perfetto equilibrio tra la plasticità e la colorazione che dovrà risultare del tutto omogenea. L'additivo dovrà essere aggiunto direttamente sul mescolatore dell'impianto di produzione subito dopo l'immissione del pigmento colorante.

Il dosaggio sarà del 4% in peso degli aggregati mentre la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 120-130° C.

L'additivo è composto da una miscela di polialchilati, oxo-alcoli ed esteri delle seguenti proprietà fisiche: densità a 15° C PARI A 0,820-0.880 gr/m<sup>3</sup>, punto di infiammabilità oltre i 120°C, viscosità a 20°C pari a 1,2-1,5 mPa\*s.

Il colorante sarà formato da ITEROXID 100% -S (ossido di ferro sintetico) per la perforazione di conglomerati bituminosi rossi.

Il dosaggio sarà del 5-6% del peso degli aggregati.

### 13.3 SCARIFICAZIONE DI PAVIMENTAZIONI ESISTENTI

Per i tratti di strada già pavimentati sui quali dovrà procedersi a ricarichi o risagomature, l'Impresa dovrà dapprima ripulire accuratamente il piano viabile, provvedendo poi alla scarificazione della massiciata esistente adoperando, all'uopo, apposito scarificatore opportunamente trainato e guidato.

La scarificazione sarà spinta fino alla profondità ritenuta necessaria dalla Direzione dei Lavori entro i limiti indicati nel relativo articolo di Elenco, provvedendo poi alla successiva vagliatura e raccolta in cumuli del materiale utilizzabile, su aree di deposito procurate a cura e spese dell'Impresa.

#### 13.4 FRESATURA DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON IDONEE ATTREZZATURE

La fresatura della sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee attrezzature, munite di frese a tamburo, funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Potranno essere eccezionalmente impiegate anche attrezzature tradizionali quali ripper, escavatore, demolitori, ecc., a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

Nel corso dei lavori la D.L. potrà richiedere la sostituzione delle attrezzature anche quando le caratteristiche granulometriche risultino Idonee per il loro reimpiego in impianti di riciclaggio. La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera (questa prescrizione non valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi).

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla D.L.

Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o In eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa tenuta a darne Immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà 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 dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito.

Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti, asciutti e uniformemente rivestiti dalla mano di attacco in legante bituminoso.

### 13.5 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO RIGENERATI IN IMPIANTO FISSO E MOBILE

#### Descrizione

I conglomerati bituminosi rigenerati in impianto fisso o mobile sono costituiti da misti granulari composti da conglomerati preesistenti frantumati, inerti nuovi, aggiunti in proporzioni e tipo variabili a seconda della natura di conglomerato (base, binder) che si deve ottenere, impastati a caldo con bitume, al quale viene aggiunto un idoneo prodotto di natura aromatica, che rigeneri le proprietà del legante contenuto nelle miscele bituminose preesistenti. La messa in opera avviene con sistemi tradizionali.



Il conglomerato bituminoso preesistente denominato «materiale da riciclare», proviene in genere dalla frantumazione, direttamente dalla sua primitiva posizione, con macchine fresatrici (preferibilmente a freddo).

Per i materiali descritti nel presente articolo, in carenza di indicazioni, valgono le prescrizioni per i conglomerati bituminosi.

#### Materiali Inerti

Le percentuali del materiale da riutilizzare sono variabili in funzione del tipo di conglomerato da ottenere. Il restante materiale sarà costituito da nuovi inerti, aventi i requisiti di accettazione previsti per i conglomerati normali. Si potrà usare materiale fresato di qualsiasi provenienza, per impieghi nello strato di base; materiale proveniente da vecchi strati di binder ed usura, per impieghi nello strato di binder; nessun impiego per lo strato di usura.

#### Legante

Il legante sarà costituito da quello presente nel materiale fresato integrato da bitume nuovo, generalmente additivato con rigeneranti-fluidificanti in modo da ottenere le viscosità e le caratteristiche di adesione prescritte nel punto che segue.

Il bitume fresco sarà normalmente del tipo di penetrazione 80/100, salvo diversa prescrizione della Direzione Lavori.

#### Miscela

La granulometria della miscela costituita da materiale di risulta dalla fresatura e dai nuovi inerti dovrà corrispondere al fuso prescritto nelle specifiche norme tecniche per il tipo di conglomerato che si vuol realizzare (base o binder ).

La percentuale di bitume da aggiungere e la percentuale di rigenerante da utilizzare saranno determinate come appresso.

Percentuale totale di bitume (Pt) della miscela ottenuta (materiali fresati e materiali nuovi)

$$Pt=0,035 a+0,045 b+cd+f$$

essendo:

Pt = % (espressa come numero intero) di bitume in peso sul conglomerato.

a = % di aggregato trattenuto al N. 8 ; (ASTM 2,36 mm)..

b = % di aggregato passante al N. 8 e trattenuto al N. 200 (0,074).

c = % di aggregato passante al N. 200.

d = 0.15 per un passante al N. 200 compreso tra 11 e 15.

d = 0.18 per un passante al N. 200 compreso tra 6 e 10.

d = 0.20 per un passante al N.  $200 \leq 5$ .

f = parametro compreso normalmente fra 0.7 e 1, variabile in funzione dell'assorbimento degli inerti.

La percentuale rispetto al totale degli inerti, di legante nuovo da aggiungere (Pn) sarà pari a

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

in cui:

Pv = % di bitume vecchio preesistente (rispetto al totale degli inerti).

Pr = valore decimale della percentuale di materiale riciclato

La natura del legante nuovo da aggiungere sarà determinata in base ai seguenti criteri:

La viscosità del legante totale a 60°C non dovrà superare 4000 poise, quindi, misurata la viscosità del legante estratto è possibile calcolare la viscosità (sempre a 60°C) che dovrà avere il legante da aggiungere usando il monogramma su scala semilogaritmica della figura seguente.

Indicando con A il punto le cui coordinate sono: il valore ottenuto di Pn/Pt ed il valore della viscosità di 4000 poise, l'intersezione della retta con l'asse verticale corrispondente al valore 100 dell'asse orizzontale, fornisce il valore C della viscosità del legante che deve essere aggiunto.

Qualora non sia possibile ottenere il valore C con bitumi puri, si dovrà ricorrere a miscele bitume-rigenerante. Si ricorda che la viscosità a 60°C di un bitume C.N.R. 80/100 è 2000 poise. Per valutare la percentuale di rigenerante necessaria si dovrà costruire in un diagramma - viscosità percentuale di rigenerante rispetto al legante nuovo - una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

K = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto nelle proporzioni determinate secondo i criteri precedenti, senza rigenerante.

M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 20% in peso rispetto al bitume aggiunto.

Da questo diagramma mediante interpolazione lineare è possibile dedurre, alla viscosità di 2000 poise, la percentuale di rigenerante necessaria.

La miscela di bitume nuovo o rigenerato nelle proporzioni così definite dovrà soddisfare particolari requisiti di adesione determinabili mediante la metodologia Vialit dei "Points et Chaussees"; i risultati della prova eseguita su tale miscela non dovranno essere inferiori a quelli ottenuti sul bitume nuovo senza rigenerante.

Il conglomerato dovrà avere gli stessi requisiti (in termini di valori Marshall e di vuoti) richiesti per i conglomerati tradizionali; ulteriori indicazioni per il progetto delle miscele potranno essere stabilite dalla D.L. utilizzando la prova di deformabilità viscoplastica carico costante (Norma C.N.R.). Il parametro J1 dovrà essere definito di volta in volta (a seconda del tipo di conglomerato), mentre lo Jp a 40°C viene fissato il limite superiore di  $20 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{da N.s.}$

Per il controllo dei requisiti di accettazione valgono le prescrizioni relative dei conglomerati non rigenerati.

### 13.6 DRENAGGI CON FILTRO IN "GEOTESSILE"

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o sui drenaggi laterali delle pavimentazioni, i drenaggi potranno essere realizzati con filtro laterale in telo "geotessile" in poliestere o

polipropilene. Il materiale da usare sarà analogo a quello descritto nell'Art. "Qualità e provenienza dei materiali", punto y).

I vari elementi di "geotessile" dovranno essere cuciti tra loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno cm. 50.

La parte inferiore dei "geotessili", a contatto con il fondo del cavo di drenaggio e per un'altezza di almeno cm 20 sui fianchi, dovrà essere impregnata con bitume a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul supporto) in ragione di almeno 2 kg/m<sup>2</sup>. Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del "geotessile" stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera: Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di "geotessile" necessaria ad una doppia sovrapposizione della stessa sulla sommità del drenaggio (2 volte la larghezza del cavo).

Il cavo rivestito sarà successivamente riempito di materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al crivello 10 mm UNI, tondo o di frantumazione con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il "geotessile" alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il "geotessile" fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata.

Prove

Le prove riguarderanno: l'analisi granulometrica, la qualità e percentuale dei bitumi, la stabilità e rigidità Marshall, la percentuale dei vuoti, l'assorbimento acustico.

### 13.7 ASFALTI COLATI PER MARCIAPIEDI

Gli asfalti colati sono conglomerati asfaltatici da usare per la pavimentazione dei marciapiedi, con posa a caldo per semplice “colata”.

In passato gli asfalti colati venivano ottenuti aggiungendo ad appositi mastici bituminosi (a loro volta preparati “in pani” con polveri di rocce asfaltiche), aggregato grosso e sabbia, oltre ad un quantitativo di legnate aggiuntivo, rispetto a quello contenuto nei mastici; il tutto in modo che l’impasto avesse, a caldo, fluidità sufficiente a permetterne la posa senza alcuna azione accessoria di costipamento.

I mastici bituminosi attuali, per difficoltà di reperimento di polveri di rocce asfaltiche, sono prodotti con aggregati calcarei, legati con bitume di origine naturale o proveniente da distillazione del petrolio, eventualmente modificato con polimeri.

L’Amministrazione Comunale ha facoltà di chiedere ghiaino tondo in luogo della graniglia di frantumazione.

E’ ammessa la riutilizzazione del materiale di recupero, con una nuova fusione in caldaia, previo integrazione pari al 3% della massa totale di nuovo bitume, con penetrazione compresa tra 60 e 120, a seconda delle caratteristiche e dello stato del materiale di recupero.

Sono vietate, comunque, miscele composte di solo materiale di recupero.

#### Requisiti dei materiali inerti costituenti l’asfalto colato

Gli aggregati dovranno possedere tutte le caratteristiche fisiche e di resistenza meccanica previste per lo strato di usura.

Tabella: asfalto colato con mastici formati con polveri di rocce asfaltiche e/o asfalti naturali

Materiale	% in massa
Mastice d’asfalto con 14-18 % di bitume	45 – 60
Graniglia o ghiaino (nei due assortimenti 3-5 e 5-10)	30 –50
Sabbia (0 –4)	0 –15
Bitume aggiunto (naturale o da distillazione) con penetrazione tra 30 e 50. La tipologia del bitume da aggiungere deve essere di volta in volta stabilita In base a quella del bitume contenuto nelle polveri	2 – 6

Aggregati		
Caratteristica Valore		Riferimento
Perdita in massa alla prova Los Angeles	<18 % in massa	(CNR 34/73) EN 1097-2
Levigabilità accelerata (CLA)	>0,43	CNR 140/92
Sensibilità al gelo	<30	(CNR 80/80) EN 1367-1
Porosità	<1,5%	CNR 65/78
Spogliamento in acqua a 40°C, con Eventuale impiego di "dope" d'adesione	0%	CNR 138/92
Indice di forma dei grani della miscela di inerti	<25	CNR 95/84

### 13.8 PAVIMENTAZIONI IN ELEMENTI PRECONFEZIONATI

La posa in opera dei pavimenti di qualsiasi tipo o genere dovrà essere perfetta in modo da ottenere piani esatti. Nel collocamento in opera degli elementi saranno scrupolosamente osservate le disposizioni che, di volta in volta, saranno impartite dalla Direzione dei Lavori.

I singoli elementi dovranno combaciare esattamente tra di loro, dovranno risultare perfettamente fissati al sottostrato e non dovrà verificarsi nelle sconnessioni dei diversi elementi a contatto la benché minima ineguaglianza.

I pavimenti si addenteranno per mm. 15 entro l'intonaco delle pareti dell'ambiente da pavimentare, tirato verticalmente sino al pavimento, evitando quindi ogni raccordo o guscio; questo, se prescritto, dovrà sopravanzare interamente sul pavimento e non da costituire ancoraggio.

I pavimenti dovranno essere consegnati diligentemente finiti, lavorati e puliti senza macchie di sorta.

L'Impresa ha l'obbligo, durante il periodo di presa delle malte di allettamento dei pavimenti, di provvedere a sue spese alle opere provvisorie che si rendessero necessarie perché il

transito, nei limiti strettamente indispensabili, possa svolgersi su andatore con parapetti, palancati o simili, e quando ciò non sia necessario, provvedere agli sbarramenti per impedire il transito abusivo.

In ogni caso ove i pavimenti risultassero in tutto o in parte danneggiati per il passaggio – anche abusivo – di persone, o per qualsiasi altra causa, l'appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spesa al ripristino.

L'Appaltatore ha l'obbligo di presentare alla Direzione dei Lavori i campioni dei pavimenti che saranno prescritti. Tuttavia l'Amministrazione ha piena facoltà di provvedere alla fornitura del materiale di pavimentazione e l'Appaltatore ha l'obbligo di provvedere alla posa in opera al prezzo indicato nell'elenco ed eseguire il sottofondo giuste le disposizioni che saranno impartite dalla Direzione stessa.

E' a carico dell'Appaltatore il maggiore impiego di malta o di cretonato per ottenere un piano di posa orizzontale e regolare qualora l'Appaltatore stesso avesse eseguito le strutture sottostanti in modo non rispondente a tale precisione.

In qualunque caso, prima della posa in opera del pavimento, delle stratificazioni di asfalto o simili, o dei sottofondi isolanti speciali di qualsiasi tipo, le lesioni eventualmente manifestatesi nel piano di posa saranno, a cura e spese dell'Impresa, riempite e stuccate con un beverone di calce o cemento.

### 13.9 PAVIMENTAZIONE DI BOLOGNINI

Nell'ambito del progetto si prevede l'utilizzo di pavimentazioni in cubetti di porfido; il materiale da utilizzare andrà scelto nell'ambito dei quattro tipi di cubetti di normale produzione.

La scelta del tipo sarà effettuata considerando:

- Intensità e natura del traffico;
- Destinazione e collocazione ambientale;
- Motivazioni architettoniche.

In linea generale le dimensioni dei cubetti da impiegare in un pavimento sono direttamente proporzionali all'intensità del traffico. La pavimentazione in cubetti di porfido dovrà poggiare su un sottofondo predisposto alle giuste quote e con le necessarie pendenze per lo smaltimento delle acque meteoriche.

La quota del sottofondo dovrà essere sagomata uniformemente a:

- cm. 8/10 per il cubetto 4/6;
- cm. 11/13 per il cubetto 6/8;
- cm. 13/15 per il cubetto 8/10;
- cm. 15/17 per il cubetto 10/12;

rispetto alla pavimentazione finita.

Dapprima si dovrà stendere sul preconstituito sottofondo uno strato di sabbia, come indicato all'art. 31, o di sabbia premiscelata a secco con cemento (kg. 10 per mq.)

I cubetti di porfido potranno essere posati ad "arco contrastante", a "ventaglio", a "cerchio", o a "coda di pavone".

I cubetti dovranno essere posti in opera perfettamente accostati gli uni agli altri in modo che i giunti risultino della larghezza massima di 1 cm.

Verrà, quindi, disposto uno strato di sabbia sufficiente a colmare le fughe dopo di che si provvederà alla bagnatura e alla contemporanea battitura con adeguato vibratore meccanico.

Durante tale fase si procederà alla eventuale sostituzione di quei cubetti che si saranno rotti o deteriorati. Gli archi dovranno essere regolari e senza deformazioni. Le pendenze longitudinali o trasversali per lo smaltimento delle acque meteoriche dovranno essere al minimo dell'1,5 %. Indispensabile completamento di una pavimentazione in cubetti di porfido sarà la sigillatura dei giunti, che si potrà eseguire:

a) con semplice sabbia, per pavimentazioni pedonali: allo scopo di colmare i vani rimasti in corrispondenza dei giunti; tutta la superficie verrà ricoperta di sabbia vagliata, che si dovrà far scorrere e penetrare in tutte le fughe sino a completa chiusura.



b) con boiaccia cementizia per pavimentazioni carrabili: si prepara un “beverone” in parti uguali di sabbia fine, di cemento e di acqua che si dovrà stendere sul pavimento in modo da penetrare completamente in ogni giuntura. Si dovrà lasciare riposare tale boiaccia fino a che la stessa abbia iniziato il processo di presa e, con getto d’acqua a pioggia, si dovrà togliere la parte più grossa che ricopre la pavimentazione. Si dovrà, infine, procedere alla completa pulizia del pavimento.

### 13.10 PAVIMENTAZIONE DI BASOLE DI GRANITO

Nell’ambito della realizzazione delle pavimentazioni in centro storico dovranno essere utilizzate pavimentazioni in granito (possibilmente recuperate dalla demolizione della pavimentazione esistente) in basole, sia per aree carrabili che tramviarie che pedonali.

Potranno essere di sei tipi, secondo prescrizioni, con larghezza di 32 - 35 - 40 - 45 - 50 cm. e spessori di variabile in funzione della tipologia d’uso prevista tra un minimo di 6 cm (per le aree pedonali) ed un massimo di cm. 15 o 18 per le aree carrabili e/o tramviarie (larghezza x spessore essendo significativi per la designazione); corrispettivamente la lunghezza potrà essere di 48/65 cm., 52/70 cm., 57/75 cm., 60/80 cm., 67/90 cm. e 75/100 cm. (minimo/massimo).

Avranno inoltre la superficie di marcia lavorata a punta mezzana (se non diversamente prescritto), con spigoli vivi rifilati a scalpello per una larghezza di 2 cm.; quella laterale lavorata a scalpello limitatamente ad una fascia superiore di 8 cm. di altezza ed a semplice sbazzatura per la parte rimanente, in modo tale comunque che tra i bordi delle superfici di marcia dei due masselli adiacenti possa crearsi un giunto di larghezza non superiore ad 1 cm. Le facce laterali dovranno risultare a squadro per una altezza non inferiore alla metà dello spessore dei masselli; nella parte inferiore potranno invece presentare sottosquadri di valore non superiore a 2,5 cm.

- *Pavimenti di laterizi* – I pavimenti in laterizi sia con mattoni di piatto che di costa sia con piastrelle, saranno formati distendendo sopra il piano di posa uno strato di malta fina sul quale i laterizi si disporranno poi a filari paralleli od a spina di pesce, od a diagonale, comprimendoli

affinché la malta rifluisca nei giunti. Le sconnessioni devono essere allineate, stuccate con cemento e la loro larghezza non deve superare mm. 3 per i mattoni e le pannelle non arrotate, e mm. 2 per quelli arrotati, e mm. 1 per quelli con lati rettificati.

- *Pavimenti in cubetti di porfido* – I pavimenti in cubetti di porfido dovranno essere posti in opera su sottostante massetto di fondazione ed assestati su di uno strato di sabbia e cemento anche a figure geometriche con battitura e sigillatura dei giunti.

- *Pavimenti in masselli di calcestruzzo vibrocompresso* – I pavimenti in masselli a doppio strato saranno a norma UNI 9065 e posti su di un riporto di circa cm 3~5 di sabbia, su sottofondo stabilizzato, e assestati con piastra vibrante. La sigillatura a finire dei punti tra i singoli masselli sarà costituita da sabbia fine completamente asciutta.

- *Pavimenti di mattonelle di grès comune e grès ceramico* – Le mattonelle dovranno essere poste in opera sul sottofondo previsto dal relativo articolo, ben livello e battuto, sul quale, appena eseguito, dovrà essere spolverato cemento assoluto del tipo 325, in ragione di kg 1,00 per mq.

Le mattonelle previa immersione nell'acqua sino a rifiuto, saranno subito dopo la spolveratura, poste in opera e battute sino a che la malta di cemento rifluisca dalle sconnessioni. Nel caso che le sconnessioni si presentassero non completamente chiuse, si dovrà provvedere alla loro stuccatura con beverone di cemento.

I pavimenti dovranno presentare le sconnessioni inferiori ad un mm., e risultare perfettamente piani e puliti, privi di qualsiasi incrostazione di cemento, in modo da presentare il colore uniforme proprio originale.

## 14. SISTEMAZIONE AREE A VERDE

### 14.1 SISTEMAZIONE CON TERRENO COLTIVO DELLE AIUOLE

Le aiuole, sia costituenti spartitraffico, che le aiuole in genere, verranno sistemate con una coltre vegetale, fino alla profondità prescritta e previa completa ripulitura da tutto il materiale non idoneo. Il terreno vegetale di riempimento dovrà avere caratteristiche fisiche e chimiche tali da garantire un sicuro attecchimento e sviluppo di colture erbacee od arbustive permanenti, come pure lo sviluppo di piante a portamento arboreo a funzione estetica.

In particolare il terreno dovrà risultare di reazione neutra, sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto, privo di ciottoli, detriti, radici, erbe infestanti, ecc.

Il terreno sarà sagomato secondo i disegni e dovrà essere mantenuto sgombero dalla vegetazione spontanea infestante, come pure non dovrà venire seminato con miscugli di erbe da prato. L'operazione di sgombero della vegetazione spontanea potrà essere effettuata anche mediante l'impiego di diserbanti chimici, purché vengano evitati danni alle colture adiacenti o a materiali di pertinenza della sede stradale, previa autorizzazione della Direzione dei Lavori.

Il terreno per la sistemazione delle aiuole potrà provenire da scavo di scorticamento per la formazione del piano di posa ovvero, in difetto di questo, da idonea cava di prestito.

### 14.2 LAVORI DI RIVESTIMENTO VEGETALE

L'Impresa dovrà eseguire, con terreno agrario, le eventuali riprese di erosioni che possano verificarsi prima degli impianti a verde.

L'Impresa non potrà modificare i piani inclinati degli scavi e dei rilevati che, anche dopo il rivestimento del manto vegetale, dovranno risultare perfettamente regolari e privi di buche,

pedate od altro, compiendo a sua cura e spese, durante l'esecuzione dei lavori, e fino al collaudo, le riprese occorrenti per ottenere, nelle scarpate, una perfetta sistemazione.

In particolare si prescrive che nell'esecuzione dei lavori di impianto, l'Impresa debba procedere in modo da non danneggiare i cigli del rilevato, mantenendo le scarpate con l'inclinazione posseduta ed evitando qualsiasi alterazione, anche prodotta dal pedinamento degli operai.

Sulle scarpate di rilevato, la lavorazione del terreno, dovrà avere il carattere di vera e propria erpicatura, eseguita però non in profondità, in modo da non compromettere la stabilità delle scarpate.

In pratica l'Impresa avrà cura di far lavorare il terreno a zappa, spianando eventuali leggere solcature, anche con l'eventuale riporto di terra vegetale, sì da rendere le superfici di impianto perfettamente profilate.

L'epoca di esecuzione dell'operazione è in relazione all'andamento climatico ed alla natura del terreno.

Con le operazioni di preparazione agraria del terreno, l'Impresa dovrà provvedere anche alla esecuzione di tutte le opere che si ritenessero necessarie per il regolare smaltimento delle acque di pioggia, come cabalette in zolle, incigliature, od altro, per evitare il franamento di eventuali scarpate o anche solo lo smottamento e la solcatura di esse.

Durante i lavori di preparazione del terreno, l'Impresa avrà cura di eliminare, dalle aree destinate agli impianti, tutti i ciottoli ed i materiali estranei che con le lavorazioni verranno portati in superficie.

### 14.3 PIANTUMAZIONI

Per la piantagione delle talee, o degli alberi, l'Impresa è libera di effettuare l'operazione in qualsiasi periodo, entro il tempo previsto per l'ultimazione, che ritenga più opportuno per

l'attecchimento, restando comunque a suo carico la sostituzione delle fallanze o delle piante che per qualsiasi ragione non avessero attecchito.

Tutta via ove l'esecuzione dei lavori di pavimentazione della strada lo consigli, la Direzione dei Lavori potrà ordinare che l'impianto venga eseguito in tempi successivi, ritardando la messa a dimora delle piante.

L'impianto delle erbacee potrà essere fatto con l'impiego di qualsiasi macchina oppure anche con il semplice piolo.

Per l'impianto delle specie a portamento arbustivo, l'Impresa avrà invece cura di effettuare l'impianto in buche preventivamente preparate con le dimensioni più ampie possibili, tali da poter garantire, oltre ad un più certo attecchimento, anche un successivo sviluppo regolare e più rapido.

Prima della messa dimora delle piantine a radice nuda, l'Impresa avrà cura di regolare l'apparato radicale, rinfrescando il taglio delle radici ed eliminando le ramificazioni che si presentassero appassite, perite od eccessivamente sviluppate, impiegando forbici a doppio taglio ben affilate.

Sarà inoltre cura dell'Impresa di adottare la pratica dell'"imbozzinatura" dell'apparato radicale, impiegando un miscuglio di terra argillosa e letame bovino debitamente diluito in acqua.

L'operazione di riempimento della buca dovrà essere fatta in modo tale da non danneggiare le giovani piante e, ad operazione ultimata, il terreno attorno alla pianta non dovrà mai formare cumulo; si effettuerà invece una specie di svaso allo scopo di favorire la raccolta e la infiltrazione delle acque di pioggia.

L'impresa avrà cura di approntare a piè d'opera il materiale vivaistico perfettamente imballato, in maniera da evitare fermentazioni e disseccamenti durante il trasporto. In ogni caso le piantine o talee disposte negli imballaggi, qualunque essi siano, ceste, casse, involucri di ramaglie, iute, ecc., dovranno presentarsi in stato di completa freschezza e con vitalità necessari al buon attecchimento, quindi dovranno risultare bene avvolte e protette da

muschio, o da altro materiale, che consenta la traspirazione e respirazione, e non eccessivamente stipate e compresse.

Nell'eventualità che per avverse condizioni climatiche le piante, approvvigionate a piè d'opera, non possano essere poste a dimora in breve tempo, l'Impresa avrà cura di liberare il materiale vivaistico ponendolo in opportune tagliole, o di provvedere ai necessari annacquamenti, evitando sempre che si verifichi la pregermogliazione delle talee o piantine. In tale eventualità le talee, o piantine, dovranno essere escluse dal piantamento.

#### Alberature

Per la messa a dimora di alberi in aiuole stradali, l'Impresa dovrà predisporre in vivaio gli esemplari per la preventiva approvazione della Direzione dei Lavori.

Le piante scelte, segnate con appropriati sistemi di individuazione, verranno di seguito trasportate in cantiere per la piantumazione.

L'impianto di ogni esemplare comprenderà tutte le operazioni occorrenti dalla scelta al trasporto, scavo della buca e trasporto a discarica autorizzata del materiale di risulta se non idoneo, l'apporto di terra vegetale intorno all'apparato radicale, il costipamento e la formazione di conca di raccolta delle acque di superficie, la fornitura e la posa in opera di pali tutori in legno trattato e relative legature, la posa in opera di tubo idoneo interrato per irrigazione profonda, concimazioni, ecc. fino ad attecchimento avvenuto.

## 15. SEGNALETICA STRADALE

### 15.1 SEGNALETICA STRADALE VERTICALE

Tutti i segnali devono essere rispondenti ai tipi, dimensioni e misure prescritte dal Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada approvato con D.P.R. 16 Dicembre 1992 n.495 e successive modifiche di cui al D.P.R. n.610 del 16/9/96, alle Norme Tecniche emanate con D.M. 9/1/96 ed in ogni caso alle norme in vigore al momento dell'esecuzione dei lavori.

Tutti i segnali circolari, triangolari, targhe, frecce, nonché i sostegni ed i relativi basamenti di fondazione dovranno essere costruiti e realizzati sotto la completa responsabilità della Ditta aggiudicataria, in modo tale da resistere alla forza esercitata dal vento alla velocità di almeno 150 Km/ora.

A tergo di ogni segnale dovranno essere indicati, a cura e spese del fornitore, una serie di iscrizioni che, globalmente, in conformità di quanto disposto al punto 7 dell'art.77 del D.P.R. N.495 del 16/12/1992, non dovranno occupare una superficie maggiore di cm<sup>2</sup> 200:

- la scritta "Comune Di Bologna"
- il marchio della ditta che ha fabbricato il segnale
- l'anno di fabbricazione
- estremi relativi al rilascio della certificazione di conformità del prodotto finito ai sensi della circolare 3652 del 17.06.1998
- gli estremi dell'ordinanza di apposizione della Amministrazione Comunale, ove previsto.

#### A) Pellicole

L'impresa aggiudicataria dell'appalto, dovrà utilizzare materiali con caratteristiche non inferiori a quanto prescritto nel Disciplinare Tecnico sulla modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali

stradali approvato con D.M. LL.PP. 31/3/1995 e, comunque, attenersi alle specifiche riportate nel C.S.A..

#### Accertamento dei livelli di qualità

I certificati delle caratteristiche delle pellicole retroriflettenti dovranno essere rilasciati esclusivamente da laboratori previsti dal suddetto D.M. 31/03/1995.

Su richiesta della Direzione Lavori l'impresa dovrà attenersi a rispettare ulteriori specifiche tecniche previste nel C.S.A.

I produttori delle pellicole retroriflettenti devono tenere a disposizione di qualsiasi ente interessato i certificati di conformità delle stesse rilasciati da uno dei laboratori sopra indicati. La certificazione, la cui data di rilascio non deve essere anteriore di oltre cinque anni, deve essere presentata nella sua stesura integrale; in essa tutte le prove devono essere chiaramente e dettagliatamente specificate e deve essere dichiarato che le singole prove sono state eseguite per l'intero ciclo sui medesimi campioni.

Il certificato di conformità dovrà essere riferito, oltre alle pellicole retroriflettenti colorate in origine, alle stesse pellicole serigrafate in tutte le combinazioni dei colori standard previste dal regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada.

Il tipo di inchiostro utilizzato dovrà essere inoltre esplicitamente dichiarato.

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha la facoltà di accertare in qualsiasi momento che le pellicole retroriflettenti corrispondano alle certificazioni di conformità presentate dal produttore delle pellicole.

Ove dagli accertamenti effettuati dovessero risultare valori inferiori ai minimi prescritti o prove tecnologiche non superate, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti provvederà a darne comunicazione a tutti gli enti interessati.

#### Definizioni

*- Pellicola di classe 1*



A normale risposta luminosa con durata di 7 anni. La pellicola nuova deve avere un coefficiente areico di intensità luminosa (R') rispondente ai valori minimi prescritti nella tabella II del paragrafo 3.2.1 del D.M. 31/03/1995. e deve mantenere almeno il 50% dei suddetti valori per il periodo minimo di 7 anni di normale esposizione verticale all'esterno nelle medio condizioni ambientali d'uso.

Dopo tale periodo le coordinate tricromatiche devono ancora rientrare nelle zone colorimetriche di cui alla tabella I del paragrafo 3.1.1 del D.M. 31/03/1995.

Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno tre anni.

Valori inferiori devono essere considerati insufficienti ad assicurare la normale percezione di un segnale realizzato con pellicole retroriflettenti di classe 1.

#### *-Pellicola di classe 2*

Ad alta risposta luminosa con durata di 10 anni. La pellicola deve avere un coefficiente areico di intensità luminosa rispondente ai valori minimi prescritti nella tab. III del paragrafo 3.2.1 del D.M. 31/03/1995 e deve mantenere almeno l'80% dei suddetti valori per il periodo minimo di 10 anni di normale esposizione all'esterno nelle medio condizioni ambientali d'uso. Dopo tale periodo le coordinate tricromatiche devono ancora rientrare nelle zone colorimetriche di cui alla tabella I del paragrafo 3.1.1 del D.M. 31/03/1995.

Fa eccezione la pellicola di colore arancio che deve mantenere i requisiti di cui sopra per almeno tre anni.

Valori inferiori devono essere considerati insufficienti ad assicurare la normale percezione di un segnale realizzato con pellicole retroriflettenti di classe 2.

#### *-Pellicole stampate*

Gli inchiostri trasparenti e coprenti utilizzati per la stampa serigrafica delle pellicole retroriflettenti devono presentare la stessa resistenza agli agenti atmosferici delle pellicole. Le Ditte costruttrici dei segnali dovranno garantire la conformità della stampa serigrafica alle prescrizioni della ditta produttrice della pellicola retroriflettente. I colori stampati sulle pellicole di classe 1 e di classe 2 devono mantenere le stesse caratteristiche fotometriche e colorimetriche previste rispettivamente ai paragrafi 3.1.1 e 3.2.1 del D.M. 31/03/1995.

#### Individuazione delle pellicole retroriflettenti

I produttori delle pellicole retroriflettenti, rispondenti ai requisiti di cui al presente disciplinare, dovranno provvedere a renderle riconoscibili a vista mediante un contrassegno contenente il marchio o il logotipo del fabbricante e la dicitura "7 anni" e "10 anni" rispettivamente per le pellicole di classe 1 e di classe 2 e 2 sperimentale.

Le diciture possono anche essere espresse nelle altre lingue della CEE.

I fabbricanti dei segnali stradali dovranno curare, e gli Enti acquirenti accertare, che su ogni porzione di pellicola impiegata per realizzare ciascun segnale compaia, almeno una volta, il suddetto contrassegno.

Non potranno pertanto essere utilizzate per la costruzione di segnali stradali pellicole retroriflettenti a normale e ad alta risposta luminosa sprovviste di tale marchio.

Le analisi e prove da eseguire sui materiali retroriflettenti potranno avere luogo solo previo accertamento della presenza del marchio di individuazione e della sussistenza delle sue caratteristiche, secondo quanto stabilito al capitolo 5 del D.M. 31/3/1995.

Sul retro dei segnali, di colore neutro opaco, il produttore deve apporre, oltre a quanto previsto dal comma 7 dell'art.77 del D.P.R. 495/92, nello stesso spazio previsto di cmq 200, il marchio dell'organismo di certificazione ed il relativo numero del certificato di conformità di prodotto rilasciato.

## B) Supporti in lamiera

I segnali saranno costituiti in lamiera di ferro di prima scelta con spessore non inferiore a 10/10 di millimetro o in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99% dello spessore non inferiore a 25/10 di millimetro (per dischi, triangoli, frecce e targhe di superficie compresa entro i 5 metri quadrati) e dello spessore di 30/10 di millimetri per targhe superiori ai metri quadrati 5 di superficie.

### Rinforzo perimetrale

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro da una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola delle dimensioni non inferiori a centimetri 1,5;

### Traverse di rinforzo e di collegamento

Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di metri quadrati 1,50, i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento piegate ad U dello sviluppo di centimetri 15, saldate al cartello nella misura e della larghezza necessaria.

### Traverse intelaiature

Dove necessario sono prescritte per i cartelli di grandi dimensioni traverse in ferro zincate ad U di collegamento tra i vari sostegni.

Tali traverse dovranno essere complete di staffe ed attacchi a morsetto per il collegamento, con bulloni in acciaio zincato nella quantità necessaria, le dimensioni della sezione della traversa saranno di millimetri 50x23, spessore di millimetri 5, e la lunghezza quella prescritta per i singoli cartelli.

La zincatura delle traverse dovrà essere conforme alle Norme C.E.I. 7 - fascicolo 239 (1968) sul Controllo della zincatura.

### Congiunzioni diverse pannelli costituenti i cartelli di grandi dimensioni

Qualora i segnali siano costituiti da due o più pannelli, congiunti, questi devono essere perfettamente accostati mediante angolari in alluminio da millimetri 20x20, spessore millimetri 3, opportunamente forati e muniti di un numero di bulloncini in acciaio zincato da 1/4 x 15 sufficienti ad ottenere un perfetto assestamento dei lembi dei pannelli.

#### Trattamento lamiera (preparazione del grezzo e verniciatura)

La lamiera di alluminio dovrà essere trattata, anche mediante carteggiatura, sgrassamento a fondo e quindi sottoposta a procedimento di fosfocromatazione e ad analogo procedimento di pari affidabilità, su tutte le superfici.

Il grezzo dopo aver subito i suddetti processi di preparazione, dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti.

La cottura della vernice sarà eseguita a forno e dovrà raggiungere una temperatura di 140 gradi.

Il resto e la scatolatura dei cartelli verrà rifinito in colore grigio neutro con speciale smalto sintetico.

#### C) Attacchi

Ad evitare forature tutti i segnali dovranno essere muniti di attacchi standard (per l'adattamento ai sostegni in ferro tubolare diam. mm. 48, 60, 90), ottenuto mediante fissaggio elettrico sul retro di corsoio a "C" della lunghezza minima di 22 centimetri, oppure sarà ricavato (nel caso di cartelli rinforzati e composti di pannelli multipli) direttamente sulle traverse di rinforzo ad U.

Tali attacchi dovranno essere completati da opportune staffe con dispositivo antirotazione in acciaio zincato corredate di relativa bulloneria pure zincata.

#### D) Sostegni

I sostegni per i segnali verticali, portali esclusi, saranno in ferro tubolare antirotazione (art.82 D.P.R. n. 495/92) diametro mm. 60, 90 chiusi alla sommità e, previo decapaggio del grezzo, dovranno essere zincati a caldo conformemente alle norme U.N.I. 5101 e ASTM 123.

Detti sostegni comprese le staffe di ancoraggio del palo di basamento, dovranno pesare rispettivamente per i due diametri sopra citati non meno di 4,2 e 8,00 Kg/m.

Previo parere della Direzione dei Lavori, il diametro inferiore sarà utilizzato per i cartelli triangolari, circolari e quadrati di superficie inferiore a metri quadrati 0,8, mentre il diametro maggiore sarà utilizzato per i cartelli a maggiore superficie.

Il dimensionamento dei sostegni dei grandi cartelli e la loro eventuale controventatura dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori previo studio e giustificazione tecnica redatta dalla Ditta appaltatrice.

I sostegni a portale del tipo a bandiera, a farfalla e a cavalletto saranno realizzati in acciaio ad alta resistenza zincato a caldo con ritti a sezione variabile a perimetro costante, oppure con strutture a traliccio reticolare costituite da tubi saldati e scordonati zincati a caldo e verniciati con vernici alle resine epossidiche adatte a resistere alle condizioni di impiego per sede stradale, di dimensioni calcolate secondo l'impiego e la superficie di targhe da installare.

La traversa sarà costituita da tubolare a sezione rettangolare o quadra e collegata mediante piastra di idonea misura. La struttura sarà calcolata per resistere alla spinta del vento di 150 km/ora. I portali saranno ancorati al terreno mediante piastra di base fissata al ritto, da bloccare alla contropiastra in acciaio ad appositi tirafondi annegati nella fondazione in calcestruzzo. L'altezza minima del piano viabile al bordo inferiore delle targhe sarà di cm. 550. La bulloneria sarà in acciaio 8.8 con trattamenti Draconet 320.

#### E) Fondazioni e posa in opera

La posa della segnaletica verticale dovrà essere eseguita installando sostegni su apposito basamento delle dimensioni minime di cm. 50x50x70 di altezza in conglomerato cementizio dosato a quintali 2,5 di cemento tipo 325 per metro cubo di miscela intera granulometricamente corretta.

Il basamento dovrà essere opportunamente aumentato per i cartelli di maggiori dimensioni. Le dimensioni maggiori saranno determinate dalla Ditta appaltatrice tenendo presente che sotto la sua responsabilità gli impianti dovranno resistere ad una velocità massima del vento di Km. 150/ora.

L'Impresa dovrà curare in modo particolare la sigillatura dei montanti nei rispettivi basamenti prendendo tutte le opportune precauzioni atte ad evitare collegamenti non rigidi, non allineati e pali non perfettamente a piombo.

I segnali dovranno essere installati (art.81 D.P.R. n. 495/92) in modo da essere situati alla giusta distanza e posizione agli effetti della viabilità e della regolarità del traffico seguendo il progetto redatto approvato dalla Direzione dei Lavori.

Il giudizio sulla esattezza di tale posizione è riservata in modo insindacabile dalla Direzione dei Lavori e saranno ed esclusivo carico e spese della Società cottimista ogni operazione relativa allo spostamento dei segnali giudicati non correttamente posati.

#### F) Bande sonore

Le bande sonore di rallentamento dovranno essere costituite in laminato elastoplastico del tipo rifrangente ed antisdrucchiolo, avere rilievo tale da causare giusta rumorosità, ed essere larghe cm. 8 con un supporto del medesimo materiale largo cm. 12.

Dovranno essere ancorate saldamente alla pavimentazione mediante apposito collante.

La ditta aggiudicataria dovrà presentare copia conforme del certificato di omologazione da parte del Ministero Delle Infrastrutture e trasporti.

## 15.2 SEGNALETICA STRADALE ORIZZONTALE

La segnaletica orizzontale avrà valori di rifrangenza richiesti dalla norma per la segnaletica orizzontale, misurati secondo la geometria CEN che prevede:

- a. Angolo di osservazione: 2,29°
- b. Angolo di illuminazione: 1,24°

#### A) Segnaletica in pitture spartitraffico

La segnaletica orizzontale in vernice sarà eseguita con apposita attrezzatura traccialinee a spruzzo semovente.

I bordi delle strisce, linee arresto, zebraature scritte, ecc., dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta.

Le strisce orizzontali dovranno risultare perfettamente allineate con l'asse della strada.

Le vernici che saranno adoperate per l'esecuzione della segnaletica orizzontale dovranno essere

accompagnate da una dichiarazione delle caratteristiche dalla quale dovranno risultare: peso per litro a 25 gradi °C, il tempo di essiccazione, viscosità, percentuale di pigmento, percentuale di non volatile, peso di cromato di piombo o del biossido di titanio per altro di pittura gialla o bianca rispettivamente percentuale in peso delle sfere e percentuale di sfere rotonde, tipo di solvente da usarsi per diluire e quantità raccomandata l'applicazione della pittura e ogni altro requisito tecnico descritto nei precedenti articoli.

Le pitture posate in opera dovranno soddisfare i requisiti esplicitamente elencati nei successivi paragrafi ed essere conformi alla dichiarazione delle caratteristiche fornite al venditore entro le tolleranze appresso indicate.

Qualora la vernice non risulti conforme ad una o più caratteristiche richieste, l'Amministrazione, a suo insindacabile giudizio, potrà imporre alla Ditta appaltatrice la sostituzione a sua cura e spese, comprese quelle di maneggiamento e trasporto con altra vernice idonea.

E' facoltà della D.L. prelevare campioni di pittura che saranno sottoposti, presso laboratori ufficiali, a spese della Ditta appaltatrice, a tutte le prove necessarie per stabilire la corrispondenza con quelle indicate nei paragrafi successivi.

I contenitori prescelti per la prova dovranno risultare ermeticamente chiusi e dovranno essere etichettati con i dati necessari a identificare univocamente il campione.

Sull'etichetta saranno annotati i seguenti dati:

- Descrizione;
- Ditta produttrice;
- Data di fabbricazione;
- Numerosità e caratteristiche della partita;

- Contrassegno;
- Luogo del prelievo;
- Data del prelievo;
- Firme degli incaricati.

Per le varie caratteristiche sono ammesse le seguenti tolleranze massime, superate le quali verrà rifiutata la vernice:

- viscosità: un intervallo di 5 unità Krebs rispetto al valore dichiarato dal venditore nella dichiarazione delle caratteristiche, il quale valore dovrà essere peraltro compreso entro limiti indicati nel paragrafo e) successivo

- peso per litro: chilogrammi 0,03 in più od in meno di quanto indicato nel paragrafo a).

Nessuna tolleranza e' invece ammessa per i limiti indicati per il tempo di essiccazione, la percentuale di sfere di vetro, il residuo volatile ed il contenuto di pigmento.

#### B) Durata e caratteristiche generali delle vernici

La vernice da impiegare dovrà essere del tipo rifrangente premiscelato e cioè contenere sfere di vetro mescolato durante il processo di fabbricazione così che dopo l'essiccamento e successiva esposizione delle sfere di vetro dovute all'usura dello strato superficiale di vernice stessa sullo spartitraffico svolga effettivamente efficiente funzione di guida nelle ore notturne agli autoveicoli, sotto l'azione della luce dei fari.

Per ottenere valori di retroriflessione RL maggiori di quelli normalmente rilevabili, si può procedere alla post spruzzatura delle perline aventi la stessa granulometria descritta al punto b) seguente.

#### Condizioni di stabilità

Per la vernice bianca il pigmento colorato sarà costituito da biossido di titanio con o senza aggiunta di zinco, per quella gialla da cromato di piombo.

Il liquido pertanto deve essere del tipo oleo-resinoso con parte resinosa sintetica; il fornitore dovrà indicare i solventi e gli essiccanti contenuti nella vernice.



La vernice dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa od ispessirsi.

La vernice dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore senza difficoltà mediante l'uso di una spatola a dimostrare le caratteristiche desiderate, in ogni momento entro sei mesi dalla data di consegna.

La vernice non dovrà assorbire grassi, olii ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie

di nessun tipo e la sua composizione chimica dovrà essere tale che, anche durante i mesi estivi, anche se applicata su pavimentazione bituminosa, non dovrà presentare traccia di inquinamento da sostanze bituminose.

Il potere coprente della vernice deve essere compreso tra 1,2 e 1,5 mq/kg. (ASTM D 1738); ed il peso suo specifico non dovrà essere inferiore a Kg. 1,50 per litro a 25 gradi C (ASTM D 1473).

#### Caratteristiche delle sfere di vetro

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità e di bolle d'aria e, almeno per il 90% del peso totale dovranno avere forma sferica con esclusione di elementi ovali, e non dovranno essere saldate insieme.

L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,50 determinato secondo il metodo indicato nella norma UNI 9394-89.

Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione all'azione di soluzioni acide saponate a pH 5-5,3 e di soluzione normale di cloruro di calcio e di sodio.

La percentuale in peso delle sfere contenute in ogni chilogrammo di vernice prescelta dovrà essere compresa tra il 30 ed il 40%.

Le sfere di vetro (premiscelato) dovranno soddisfare complessivamente alle seguenti caratteristiche granulometriche:

Setaccio A.S.T.M. : % In peso Perline passanti per il setaccio n.70 : 100%

Perline passanti per il setaccio n.140 : 15-55% Perline passanti per il setaccio n.230 : 0-10%

#### Idoneità di applicazione

La vernice dovrà essere adatta per essere applicata sulla pavimentazione stradale con le normali macchine spruzzatrici e dovrà produrre una linea consistente e piena della larghezza richiesta.

Potrà essere consentita l'aggiunta di piccole quantità di diluente fino al massimo del 4% in peso.

#### Quantità di vernice da impiegare e tempo di essiccamento

La quantità di vernice, applicata a mezzo delle normali macchine spruzzatrici sulla superficie di una pavimentazione bituminosa, in condizioni normali, dovrà essere non inferiore a chilogrammi 0,100 per metro lineare di striscia larga centimetri 12 e di chilogrammi 1,00 per superfici variabili di mq. 1,3 e 1,4.

In conseguenza della diversa regolarità della pavimentazione ed alla temperatura dell'aria tra i 15 gradi C e 40 gradi C e umidità relativa non superiore al 70%, la vernice applicata dovrà asciugarsi sufficientemente entro 30-40 minuti dell'applicazione; trascorso tale periodo di tempo le vernici non dovranno staccarsi, deformarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Il tempo di essiccamento sarà anche controllato in laboratorio secondo le norme A.S.T.M. D/711-35.

#### Viscosità

La vernice nello stato in cui viene applicata, dovrà avere una consistenza tale da poter essere agevolmente spruzzata con la macchina traccialinee; tale consistenza, misurata allo stormer viscosimetro a 25 gradi °C, espressa in unità Krebs, sarà compresa tra 70 e 90 (A.S.T.M D/711-35).

#### Colore

La vernice dovrà essere conforme al bianco o al giallo richiesto.

La determinazione del colore sarà fatta in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 24 ore. La vernice non dovrà contenere alcuno elemento colorante organico e non dovrà scolorire al sole. Quella bianca dovrà possedere un fattore di riflessione pari almeno al 75% relativo all'ossido di magnesio, accertata mediante opportuna attrezzatura.

Il colore dovrà conservare nel tempo, dopo l'applicazione, l'accertamento di tali conservazioni che potrà essere richiesto dalla Stazione Appaltante in qualunque tempo prima del collaudo e che potrà determinarsi con opportuni metodi di laboratorio.

#### Veicolo

Il residuo non volatile sarà compreso tra il 65% ed il 75% in peso sia per la vernice bianca che per quella gialla.

#### Contenuto di pigmenti

La pittura dovrà contenere pigmenti inorganici che abbiano una ottima stabilità all'azione dei raggi UV, una elevata resistenza agli agenti atmosferici e una limitata propensione all'assorbimento e alla ritenzione dello sporco.

I pigmenti contenuti nella pittura dovranno essere compresi tra il 35 ed il 45 % in peso (FTMS 141a- 4021.1).

#### Contenuto di pigmenti nobili

Il contenuto di biossido di titanio (pittura bianca) non dovrà essere inferiore al 14% in peso e quello cromato di piombo (vernice gialla) non inferiore al 12% in peso.

#### Resistenza ai lubrificanti e carburanti

La pittura dovrà resistere all'azione lubrificante e carburante di ogni tipo e risultare insolubile ed inattaccabile alla loro azione.

#### Prova di rugosità su strada

Le prove di rugosità potranno essere eseguite su strade nuove in un periodo tra il 10° ed il 30° giorno dalla apertura del traffico stradale.

Le misure saranno effettuate con apparecchio Skid Tester ed il coefficiente ottenuto secondo le modalità d'uso previste dal R.D.L. inglese, non dovrà abbassarsi al di sotto del 70% di quello che presenta pavimentazioni non verniciate nelle immediate vicinanze della zona ricoperta con pitture; in ogni caso il valore assoluto non dovrà essere minore di 45 (quarantacinque).

#### Durata ed efficienza della segnaletica in vernice spartitraffico

Le caratteristiche di cui ai punti precedenti indicano parametri qualitativi dei prodotti da impiegare, che dovranno essere posati in opera seguendo le istruzioni delle case costruttrici degli stessi; in ogni caso la ditta appaltatrice, nella realizzazione della segnaletica orizzontale con pitture spartitraffico, dovrà garantire una efficienza del segnale orizzontale per un periodo non inferiore a 4 mesi sulla pavimentazione asfaltata e di 2 mesi su pavimentazione in basalto, porfido, granito od altri materiali lapidei.

#### C) Segnaletica con materiali preformati retroriflettenti

La segnaletica orizzontale realizzata in preformato retrorifrangente dovrà attenersi alla normativa di cui all'art.40 del D. Lgs. n. 285 del 30.04.1992 e del suo regolamento di esecuzione approvato con D.P.R. n. 495 del 16.12.1992, in particolare dall'art. 137 all'art.155 come modificato dal D.P.R. n.610 del 16-9-1996.

I laminati elastoplastici sono di tipo autoadesivo, realizzato con polimeri d'alta qualità e contenenti una dispersione di microgranuli ad elevato potere antisdrucchiolo e microsferiche con caratteristiche di rifrazione tali da conferire al laminato stesso un alto e continuato potere retroriflettente. Sono materiali in grado di mantenere i valori di visibilità diurna e notturna ed i valori di antiscivolosità, così come raccomanda la normativa europea. (Norma UNI EN 1436).

I valori minimi di antiscivolosità non dovranno essere inferiori a 45 SRT.

Per garantire una buona stabilità del colore ed un ancoraggio ottimale delle microsfere in vetro o in ceramica o prodotto equivalente, il prodotto dovrà essere trattato in superficie con speciali resine.

In base alle loro caratteristiche costruttive ed ai loro livelli prestazionali di rifrangenza così come indicato nella Norma UNI EN 1436, i laminati elastoplastici si dividono nelle seguenti classi:

**Classe R2:**

Laminato elastoplastico autoadesivo, con sistema ottico di retroriflessione realizzato con microsfere in vetro, trattato in superficie con resine speciali.

Valore iniziale di retroriflessione: non inferiore a 100 millicandele (mcd/mq x lux) misurato secondo la geometria CEN, in accordo alla Norma UNI EN 1436. Valore iniziale di antisdrucchiolo: classe S1, non inferiore a 45 SRT.

**Classe R4:**

Laminato elastoplastico autoadesivo, con sistema ottico di retroriflessione realizzato con microsfere in vetro, trattato con resine poliuretatiche per un miglior ancoraggio delle microsfere stesse.

Valore iniziale di retroriflessione: non inferiore a 200 millicandele (mcd/mq x lux) misurato secondo la geometria CEN, in accordo alla Norma UNI EN 1436. Valore iniziale di antisdrucchiolo: classe S2 non inferiore a 50 SRT.

**Classe R5:**

Laminato elastoplastico autoadesivo, con sistema ottico di retroriflessione realizzato con microsfere in ceramica o equivalente ad alto indice di rifrazione (non inferiore a 1,9), trattato con resine poliuretatiche per un miglior ancoraggio delle microsfere stesse.

Valore iniziale di retroriflessione: non inferiore a 300 millicandele (mcd/mq x lux) misurato secondo la geometria CEN, in accordo alla Norma UNI EN 1436. Valore iniziale di antisdrucchiolo: classe S3 non inferiore a 55 SRT.

### Spessore

I prodotti preformati dovranno avere uno spessore non superiore a 3 mm.

### Sistema ottico

Per migliorare le prestazioni di visibilità notturna, anche in caso di pioggia, e per proteggere le microsfere dall'usura preservandone l'efficienza nel tempo, il sistema ottico responsabile della rifrangenza dovrà essere composto da uno speciale pacchetto che contenga al suo interno le microsfere, più eventuali resine ad alta resistenza.

### Posa in opera

Il preformato potrà essere posto in opera secondo una delle seguenti modalità :

ad incasso su pavimentazioni nuove, contestualmente alla stesura dei manti bituminosi e prima dell'apertura al traffico;

a semi-incasso, su pavimentazioni nuove, entro 24 ore dalla stesura dei manti bituminosi e su pavimentazioni esistenti, mediante l'uso di un primer o preparatore di superficie

In ogni caso, nella posa di strisce longitudinali (margini e mezzzeria) il suddetto materiale dovrà essere messo in opera mediante l'uso di una macchina applicatrice manuale o automatica.

### D) Segnaletica in materiali termoplastici

I prodotti termoplastici utilizzati per la realizzazione della segnaletica orizzontale, dovranno essere sostituiti da aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti colorati e sostanze inerti, legate insieme da resine sintetiche termoplastiche nelle proporzioni circa di:

- aggregati 40%;
- microsfere di vetro inglobate e post spruzzate: 20%; legante (resine e plastificante): 20%;

Dette proporzioni da ritenersi valide per il prodotto spruzzato dovranno essere variate nel caso di posa con procedimenti di estrusione e colatura onde ottimizzare detto procedimento al fine di ottenere gli spessori appresso indicati e garantire la durata e l'efficienza richiesta.

Il peso specifico dei prodotti termoplastici sarà a 20° pari a circa 1,8 g/cm<sup>3</sup> per il prodotto spruzzato e pari a circa 2,40 g/cm<sup>3</sup> per il prodotto colato.

Gli spessori delle rispettive pellicole a lavoro ultimato saranno di norma:

da 1 a 1,2 mm. nel caso di prodotto spruzzato;

da 1,5 a 2 mm. nel caso di prodotto colato.

Oltre alle microsfere contenute premiscelate nel prodotto, sarà effettuata in entrambi i casi una operazione supplementare di perlatura sulla superficie ancora calda della striscia, in ragione di circa q/mq 300 di microsfere di vetro.

Le pigmentazioni saranno ottenute mediante l'impiego di biossido di titanio (colore bianco) oppure da cromato di piombo (colore giallo).

La colorazione dovrà essere stabilita alle temperature di impiego del prodotto e simile a quella già indicata per le pitture spartitraffico rifrangenti.

Caratteristiche chimico fisiche dei prodotti

- a) Punto di infiammabilità: superiore a 230 gradi centigradi.
- b) Punto di rammollimento o di rinvenimento: superiore ad 80 gradi centigradi.
- c) Antisdrucciolevolezza: valore minimo 50 unità SRT (secondo le prove di aderenza con apparecchio SRT dell'Ente Federale della circolazione stradale Tedesca).
- d) Tempo di essiccazione: massimo 30" secondo le norme Americane ASIM D 711 – SS.
- e) Visibilità notturna: valore minimo del coefficiente determinato secondo il metodo di prova delle norme Inglesi "Road Markinss, Traffic Sisns and signals articolo 16.01-Traffic Point and Road Markinss" pari 75, tenendo per base il valore di cento per il carbonato di magnesio.
- f) Resistenza alla corrosione: il materiale deve rimanere inalterato se viene immerso in una soluzione di cloruro di calcio a forte concentrazione, per un periodo di quattro settimane.
- g) Durata: la ditta aggiudicataria dell'appalto dovrà realizzare la segnaletica con materiali termo plastici garantendo l'efficienza della medesima per un periodo di 18 mesi nel

caso di spessori e tecnica di posa in opera a spruzzo e 24 mesi nel caso di spessori e tecnica di posa a colare.

I periodi indicati sono da intendersi validi per qualsiasi tipo di pavimentazione su cui sarà realizzata la segnaletica, purché non dissestata anche soggetta a traffico intenso e pesante.

Sistemi di applicazione

Sono previsti due sistemi di applicazione dei prodotti termoplastici, in funzione degli spessori che

si richiedono e del tipo di segnaletica che dovrà essere realizzata. In particolare si prevede un'attrezzatura per la stesura a spruzzo del prodotto termoplastico fuso ed una per la stesura del prodotto che fuoriesce da un apposito crogiolo sotto forma di colato plastico.

Con il primo metodo, dovranno essere realizzate solo strisce longitudinali continue e discontinue (marginatori, assi continui e discontinui), con il secondo metodo potrà essere richiesta la realizzazione anche di righe di arresto, passaggi pedonali, tacchetti scritte e frecce direzionali.

Durante la applicazione dei prodotti, la Ditta appaltatrice dovrà osservare tutte le prescrizioni dettate dalla casa costruttrice dei materiali termoplastici (pulizia del fondo stradale, temperatura ambiente, umidità ecc.) al fine di durata richiesti dalla segnaletica realizzata.

E) materiali plastici a freddo

I prodotti plastici a freddo utilizzati per la realizzazione della segnaletica orizzontale, dovranno essere sostituiti da aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti colorati e sostanze inerti, legate insieme da resine sintetiche nelle proporzioni circa di:

- aggregati 27%;
- microsfere di vetro inglobate e post spruzzate: 40%;
- legante (resine e plastificante): 24%;
- pigmenti : 9%

Il peso specifico dei prodotti plastici a freddo sarà a 20° pari a circa 1,65 g/cm<sup>3</sup>.



Gli spessori delle rispettive pellicole a lavoro ultimato saranno di norma: da 1,2 a 1,5 mm.

Le pigmentazioni saranno ottenute mediante l'impiego di biossido di titanio (colore bianco) oppure da pigmenti organici (colore giallo).

La colorazione dovrà essere stabilita alle temperature di impiego del prodotto e simile a quella già indicata per le pitture spartitraffico rifrangenti.

Caratteristiche chimico fisiche dei prodotti

- Punto di infiammabilità: superiore a 250 gradi centigradi. □
- Antisdrucciolevolezza: valore minimo 50 unità SRT (secondo le prove di aderenza con apparecchio
- SRT dell'Ente Federale della circolazione stradale Tedesca).
- Tempo di essiccazione: massimo 20" secondo le norme Americane ASIM D 711 – SS.
- Visibilità notturna: valore minimo del coefficiente determinato secondo il metodo di prova delle □norme Inglesi "Road Markinss, Traffic Sisns and signals articolo 16.01-Traffic Point and Road Markinss" pari 75, tenendo per base il valore di cento per il carbonato di magnesio.
- Resistenza alla corrosione: il materiale deve rimanere inalterato se viene immerso in una soluzione □di cloruro di calcio a forte concentrazione, per un periodo di quattro settimane.
- Durata: la ditta aggiudicataria dell'appalto dovrà realizzare la segnaletica con materiali plastici a □freddo garantendo l'efficienza della medesima per un periodo di 36 mesi, per qualsiasi tipo di pavimentazione su cui sarà realizzata la segnaletica, purché non dissestata anche soggetta a traffico intenso e pesante.

#### Sistemi di applicazione

Sono previsti vari sistemi di applicazione dei prodotti plastici a freddo, in relazione al tipo di pavimentazione ed al tipo di segnaletica da realizzare: stesura a spatola, stesura con macchina traccialinee o macchina per estrusione; le garanzie dovranno comunque essere mantenute per qualsiasi metodologia di applicazione.

### 15.3 SEGNALI E OPERE PROVVISORIALI

Attuazione di predisposizioni per la disciplina del traffico prevede un compenso forfetario relativo alle predisposizioni provvisionali necessarie alla disciplina provvisoria di traffico nel corso dei lavori. La prestazione comprende:

- 1) la fornitura e posa in opera di new-jersey in cls di spartitraffico centrale e di canalizzazione del traffico veicolare;
- 2) la realizzazione di piste carrabili e di percorsi pedonali protetti;
- 3) la realizzazione delle opere civili necessarie alla installazione dei semafori provvisori fissi con alimentazione a rete i cui impianti saranno pi installati dalla STA;
- 4) semafori provvisori mobili con alimentazione a batteria;
- 5) installazione di barriere spartitraffico tipo new-jersey in cls o in plastica a seconda delle condizioni di sicurezza stradale da realizzare ed alle disposizioni che saranno impartite dalla Direzione dei Lavori e dagli Uffici Comunali; le barriere spartitraffico dovranno essere evidenziate verniciandole con strisce bianca/rossa o nera/gialla;
- 6) lo spostamento continuativo secondo le esigenze di traffico delle recinzioni di cantiere e delle stesse barriere spartitraffico di cui sopra;
- 7) segnaletica verticale ed orizzontale;
- 8) assicurazione accesso carrabile e pedonale senza soluzione di continuità agli insediamenti esistenti con predisposizioni di lastre di acciaio a copertura dei cavie/o altre soluzioni idonee;
- 9) realizzazione di eventuali accessi carrabili e pedonali in altra posizione. Il prezzo forfetario per km comprende altresì ogni altra opera o impianto e qualsiasi altro onere in generale per ottenere la funzionalità, efficienza nel tempo e sicurezza nella disciplina provvisoria di traffico, da mantenere per tutto il periodo previsto nella fase attuativa.

## 16. FERMATE

---

### 16.1 PREMESSA

Si riportano, di seguito, le principali caratteristiche della banchina tipo di fermata e dei suoi allestimenti.

### 16.2 BANCHINA DI FERMATA

Le banchine di fermata sono di due tipologie– centrale e laterale – che si adattano di volta in volta alle sistemazioni urbanistiche di linea in modo da integrarsi, al meglio, con il contesto urbano toccato.

La banchina presenta una larghezza di 3,5 m ed una lunghezza di 44 m, cui si aggiungono le due rampe di testa aventi, ognuna uno sviluppo di 4 metri ed un fronte di attacco di 2,9 m altezza di 30 cm dal piano del ferro; essa presenta il doppio accosto per permettere la fermata di una vettura per ogni lato in contemporanea.

La pavimentazione prevista è in granito “crescentone” con lastre tagliate a filo sega e poste a correre per la dimensione maggiore della banchina; i cigli saranno dello stesso granito; i sistemi di orientamento LOGES saranno, invece, in pietra artificiale con colorazione a contrasto chiaro/scuro rispetto alla pavimentazione di banchina.

Gli elementi di granito potranno essere di sei tipi, secondo prescrizioni, con larghezza di 32 - 35 - 40 - 45 - 50 cm. e spessori di 6 cm. Avranno inoltre la superficie superiore lavorata a punta mezzana (se non diversamente prescritto), con spigoli vivi rifilati a scalpello per una larghezza di 2 cm.; quella laterale lavorata a scalpello limitatamente ad una fascia di 2 cm. di altezza ed a semplice sbazzatura per la parte rimanente, in modo tale comunque che tra i bordi delle superfici di marcia dei due masselli adiacenti possa crearsi un giunto di larghezza non superiore ad 1 cm. Le facce laterali dovranno risultare a squadra per una altezza non inferiore alla metà dello spessore dei masselli; nella parte inferiore potranno invece presentare sottosquadri di valore non superiore a 2,5 cm.

Sul bordo delle banchine, lato strada carrabile, invece, si prevede l'installazione di una ringhiera metallica preverniciata dello stesso colore delle pensiline e degli elementi informativi.

Sul bordo delle banchine, lato binario, si prevede l'installazione di segnapasso da incasso a luce radente in modo da aumentare la segnalazione visiva del dislivello.

### 16.3 ARREDI DI BANCHINA TIPO

L'arredo minimo di fermata sarà composto da:

- Una pensilina d'attesa con caratteristiche di design contemporaneo come da particolari di progetto di fattibilità tecnico economica, di dimensioni utili a coprire i varchi di accesso al mezzo tranviario;

Gli altri due elementi caratterizzanti le fermate sono i Totem, che hanno duplice funzione:

- Uno contenente oltre ai locali tecnici (centraline/server accessibili dal retro) le informazioni sulle mappe della città e del trasporto pubblico, della fermata, e la macchina distributrice automatica.
- L'altro, contenente il display informativo, una telecamera di sorveglianza, diffusore acustico, telefono di emergenza, defibrillatore automatico e locali tecnici contenenti quadri elettrici, sistemi gps e wi-fi.

### 16.4 SPECIFICHE TECNICHE PER PROTEZIONE DELLA CARPENTERIA METALLICA

Al fine di garantire la protezione delle carpenteria metallica, considerata l'esposizione ad ambiente umido e mediamente aggressivo, tutti gli elementi di carpenteria metallica dovranno essere trattati con zincatura a caldo e verniciatura, mentre la bulloneria e le rosette saranno in acciaio inox.

## 17. SOTTOSTAZIONI ELETTRICHE

Nel progetto preliminare sono state previste quattro sottostazioni elettriche disposte planimetricamente in modo da risultare equidistanti lungo il tracciato.

Ogni SSE è alimentata alla tensione M.T. 15 KV dalla rete Enel, e fornisce energia a sua volta alla linea di trazione alla tensione di 750 Vcc.

### 17.1 SPECIFICA DI FUNZIONAMENTO

La sottostazione elettrica di conversione sarà alimentata mediante cavi elettrici trifase a 15 kV c.a. 50 Hz e dovrà erogare energia sulla rete tranviaria a 750 Vcc con polo positivo alla linea di contatto e polo negativo verso il binario ed isolato da terra, con potenza nominale 1,5 MW.

Le apparecchiature dovranno essere previste per le seguenti condizioni di sovraccarico:

- erogazione del 100% della potenza nominale ( $P_n$ ) in servizio permanente e continuo;
- erogazione del 150% della potenza nominale per 2 ore;
- erogazione del 450% della potenza nominale per 15 sec.;
- intervallo tra due cicli di sovraccarico (150%  $P_n$  - 450%  $P_n$ ) con funzionamento continuo alla potenza nominale: 8 ore;
- livello di rumorosità non superiore a 65 dBA alla distanza di 5 metri in condizione di erogazione del sovraccarico pari al 150 % della potenza nominale.

Sezionamento dei cavi di energia in arrivo ed in partenza alla cabina, nel rispetto delle norme di legge e di buona tecnica, ai fini della manovra, misura e ricerca guasti sui detti cavi elettrici d'energia e le apparecchiature elettriche. Inoltre dovranno essere previsti interblocchi meccanici per evitare manovre errate ed accesso involontario ai cavi di energia ed apparecchiature in presenza di tensione.

Dovrà essere prevista la manovra di messa a terra, nel rispetto delle norme di legge e di buona tecnica, dei cavi elettrici di energia e delle apparecchiature site nella cabina, per l'accesso a detti componenti a scopo di ispezione, manutenzione e riparazione. Inoltre dovranno essere previsti blocchi meccanici per evitare la manovra di messa a terra in presenza di tensione.

La sottostazione elettrica dovrà essere provvista di strumenti ed indicatori per misurare e segnalare le grandezze elettriche in situazioni di esercizio od avaria.

## 17.2 EQUIPAGGIAMENTO

Quadro MT del tipo blindato, isolato in aria, a tenuta d'arco interno, con scomparti MT classe 24 kV 630A con isolamento in SF6 completi di protezioni elettriche.

Trasformatore in resina, con doppio secondario, potenza non inferiore a 1900 kVA - 15kV/590V - 50 Hz trifase.

Trasformatore per servizi ausiliari in resina, potenza 160 kVA 15kV/400V 50 Hz trifase.

## 17.3 SPECIFICHE TECNICHE PER LE APPARECCHIATURE MT

Quadro MT

Il quadro MT sarà del tipo blindato, isolato in aria, a tenuta d'arco interno, LSC2B secondo IEC 62271-200 (classificazione IAC A FRL – Internal arc 25 kAx1s).

### NORME DI RIFERIMENTO

Il quadro MT e le apparecchiature in esso contenute dovranno essere conformi alle leggi antinfortunistiche italiane (D.Lgs 09/04/2008 n. 81), ai criteri indicati nella norma CEI 0-16 ed. II, ed alle seguenti norme:

Quadro di MT	CEI EN 62271-200 / CEI EN 60298
Quadro e apparecchiature MT	CEI EN 60694
Gas SF6	CEI EN 60376
Grado di protezione	CEI EN 60529
Interruttori	CEI EN 62271-100
Contattori	CEI EN 60470
Sezionatore di terra	CEI EN 62271-102
Fusibili di protezione	CEI EN 60282-1
Relé di protezione	CEI EN 60255-6
Trasformatori di corrente	CEI EN 60044-1
Trasformatori di tensione	CEI EN 60044-2
Sensori di corrente	CEI EN 60044-8

---

Sensori di tensione	CEI EN 60044-7
Scaricatori	CEI EN 60099-4
Banchi di condensatori	CEI EN 60871

#### DATI AMBIENTALI

(riferiti al locale ove è installato il quadro)

- temperatura ambiente: max +40°C; min -5°C
- umidità relativa: 95% massima

Quadro con protezione arco interno (LSC2B secondo IEC 62271-200 (classificazione IAC A FRL):

- Tensione nominale	24 kV
- Tensione nominale di tenuta a frequenza industriale 50 Hz/ 1 min. valore efficace	50 kV
- Tensione nominale di tenuta a impulso atmosferico 1,2/50 microS valore di picco	125 kV
- Tensione di esercizio	15 kV
- Frequenza nominale	50 Hz
- n. fasi	3
- Corrente nominale delle sbarre principali	1250 A
- Corrente nominale max delle derivazioni	630 A
- Corrente nominale ammissibile di breve durata	25 kA
- Corrente nominale di picco	63 kA
- Potere di interruzione degli interruttori alla tensione nominale	25 kA
- Tenuta d'arco interno	25 kA x 1 s
- Durata nominale del corto circuito	1 s
- Tensione nominale degli ausiliari	220ca V

Interruttori ad esafluoruro di zolfo ad autogenerazione di pressione o altra tecnologia equivalente o migliorativa;

Condizioni particolari della rete: neutro compensato;

Condizioni particolari di installazione: ambiente polveroso;

Rele' elettronici indiretti 50, 51, 51N, 67N e 27;

Rigidita' dielettrica 2 kV a 50 Hz per 1' tra i circuiti ausiliari di comando e segnalazione secondo CEI 41/1 IEC 255/5;

Temperatura di funzionamento - 5° C/+40° C;

Insensibilita' correnti di terza armonica;

Azionamento atto a comandare l'apertura dell'interruttore in caso di assenza di tensione 15 kV e la sua richiusura a distanza mediante il sistema di teleoperazioni.

Trasformatore di potenza

- Rispondenza alle norme CEI EN 50329;
- potenza nominale in servizio continuo non inferiore a 1900 KVA;
- avvolgimenti primario e secondari separati;
- tipo a secco inglobato in resina classe F;
- collegamento avvolgimento primario: triangolo;
- collegamento avvolgimenti secondari: triangolo – stella;
- gruppo Dd0y11;
- classi ambientali, climatiche e di resistenza al fuoco E2/C2/F1;
- tensione primaria nominale 15 KV;
- tensione nominale sui secondari 590/590 V;
- frequenza 50 Hz;
- emissioni elettromagnetiche  $\leq 0,25 \mu\text{T}$  a 5 mt;
- potenza nominale necessaria ad erogare la potenza nominale non inferiore a 2500 KVA nelle condizioni di sovraccarico richiamate ai punti precedenti;
- classe di servizio VII, tab. A.1 CEI EN 50329;



- tenuta dinamica al corto circuito dichiarata (IEC 76-5) maggiore o uguale 500 ms;
- presa lato primario;
- numero prese:  $\pm 4 \times 2,5\%$ ;
- tensione di corto circuito: 8% della tensione nominale;
- costruzione prevista per la frequente soggezione a sovracorrenti originate dall'impiego a scopi di trazione elettrica;
- attacco di terra per la protezione da tensione di contatto facilmente accessibile;
- sovratemperatura ammessa a fine ciclo di sovraccarico con temperatura ambiente di 40°C: 100°C;
- raffreddamento ad aria a circolazione naturale;
- centralina termometrica e tutti gli accessori per la completa installazione a regola d'arte (termoresistenze avvolgimenti ecc...);
- protezione di sovratemperatura costituita da 3 termistori NC (uno per colonna tarati a 120° C);
- accessori richiesti: indicatore di temperatura con segnalatore di stato di preallarme ed allarme, sensori di controllo, targhe in posizione visibile, organi di presa, sollevamento e traslazione, ruote bidirezionali e golfari di sollevamento.

Trasformatore servizi ausiliari

Potenza nominale in servizio continuo 160 KVA

Tensioni 15000/400/230 V.

Gruppo Dy 11.

Regolazione tensioni secondarie  $\pm 2 \times 5\%$

Isolamento in resina classe F.

Protezione di sovratemperatura costituita da termistori tarati a 120° C

Installazione all'interno di celle con interblocchi meccanici atti ad impedirne l'accesso in presenza di tensione.

RISPONDERE ALLE LEGGI

Le apparecchiature elettriche installate dovranno essere conformi alle norme CEI, UNI ed IEC applicabili nonche' a:

1. D.Lgs 09/04/2008 n. 81, e successivi aggiornamenti
2. D.M. 37/2008
3. Legge 5 novembre 1971 n. 1086
4. Circolare M. LL.PP. n. 20244 del 30 giugno 1980.
5. Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 6090 punto 4.6.
6. Legge 2 febbraio 1974 n. 64
7. Legge 24 gennaio 1986
8. Legge 3 Dicembre 1987 (norme per le costruzioni prefabbricate).
9. Circolare M.LL.PP. 16 marzo 1989 n. 31104.
10. Legge 12 febbraio 1982 (norme carichi e sovraccarichi)
11. Circolare M. LL.PP. 24 maggio 1982 n. 22631
12. D.L. 626/94 e successive modifiche ed integrazioni

#### CERTIFICAZIONI

La costruzione delle apparecchiature dovrà essere eseguita a regola d'arte nel rispetto della legge n. 186 del 01.03.1968.

#### PROVE E COLLAUDI

Le prove sulle apparecchiature sono da intendere eseguite presso il Costruttore con riferimento alle norme CEI o equivalenti.

Di seguito si elencano le principali:

Prove sui trasformatori MT/BT e servizi ausiliari

Misura della resistenza degli avvolgimenti

Misura del rapporto di trasformazione e controllo delle polarità e dei collegamenti

Misura della tensione di cortocircuito (presa principale), e delle perdite dovute al carico;

Misura delle perdite e della corrente a vuoto.

Prova di isolamento con tensione applicata.

Prova di isolamento con tensione indotta

Misura delle scariche parziali.

Per la prova con tensione applicata si fara' riferimento al valore di 6 KV per gli avvolgimenti secondari in deroga al valore normalizzato di 3KV.

Il rendimento si deve ottimizzare per un carico pari al 40-80% in modo che in questo campo il valore deve essere pressoché costante.

Per le perdite a vuoto ed a carico i valori dovranno essere certificati in sede di fornitura e saranno considerati come significativi dell'indice di qualità delle macchine e ritenuti impegnativi ai fini delle prove di accettazione. I valori da indicare sono i seguenti:

- perdite a vuoto
- perdite a carico al 50% e 100% della potenza nominale
- rendimento al 40%, 60%, 80% della potenza nominale

Prove sui quadri MT

È richiesta comunque la documentazione delle prove "Interne" di accettazione e collaudo eseguite dal costruttore.

#### 17.4 SPECIFICHE TECNICHE PER LE APPARECCHIATURE CC

##### QUADRO BLINDATO IN CORRENTE CONTINUA

Il quadro in corrente continua dovrà essere composto, per ciascuna sottostazione, dai seguenti scomparti opportunamente assemblati tra loro:

- Scomparto raddrizzatore, costituito da n. 2 scomparti contenenti ognuno un carrello raddrizzatore esafase (l'insieme di due carrelli forma un raddrizzatore dodecafase)
- Scomparto sezionatore bipolare motorizzato di gruppo
- Scomparto alimentatore di linea
- Scomparto negativi e messa a terra rotaie di corsa

Il comando ed il controllo del quadro blindato in corrente continua sarà effettuato:

- In telecomando
- In SSE da un quadro sinottico (nel caso di manutenzione o indisponibilità del telecomando)

- In locale sul fronte quadro (in emergenza, nel caso di indisponibilità del quadro sinottico).

Le caratteristiche tecniche dovranno essere:

Tensione nominale	750 V dc
Tensione nominale d'isolamento	1000 V dc
Corrente nominale	6000 A
Barratura	6000 A
Corrente di c.c. di breve durata (200 ms) circuiti principali	80 kA
Corrente di c.c. limite dinamica (valore di cresta) circuiti principali	90 kA
Corrente di c.c. di breve durata (200 ms) circuiti di terra	30 kA
Corrente di c.c. limite dinamica(valore di cresta) circuiti di terra	65 kA
Standard applicabili	IEC 77, 157.1 e 439 e EN 50123
Impianto	interno
Accesso all'interno degli scomparti	sul davanti
Placche smontabili sul retro	
Servizi ausiliari	110 V dc

*Prove dielettriche*

Circuito di potenza contro ausiliari e terra	5,5 kV (8,5kV) 50 Hz 1 minuto
Circuito ausiliare contro terra	2 kV 50 Hz 1 minuto

In caso di ripetizione del test, questo sarà fatto a 80% dell'ultimo valore.

Dispositivi di Protezione

Cortocircuiti vicini

Contro i cortocircuiti e i sovraccarichi sulle partenze, mediante il disgiuntore extrarapido.

Prove di linea

Contro la chiusura su difetti della rete prima della chiusura del disgiuntore di avviamento, mediante un dispositivo di prova di linea.

Cortocircuiti lontani

Contro i cortocircuiti distanti inferiori al valore del limite d'apertura del disgiuntore d'avviamento.

Difetto terra

Contro la messa alla massa del positivo negli scomparti, mediante un rele' di massa.

Sovratensioni

Contro le sovratensioni della rete continua, mediante scaricatore di sovratensione a resistenza non lineare per impianti a corrente continua:

Tensione nominale 1kV;

Corrente nominale di scarica 10 kA ad impulso 8-20 ms;

Corrente di scarica ad impulso con onda di forte intensita' 100 kA ad impulso  $4 \div 10$  ms;

Corrente di scarica ad onda lunga durata 150 A, 200 ms;

Tensione di innesco in corrente continua  $2 \div 2,4$  kV;

Tensione di innesco a frequenza industriale 1,55 kV;

Dotato di dispositivo di sicurezza contro le esplosioni.

DATI AMBIENTALI

(riferiti al locale ove è installato il quadro)

temperatura ambiente: max +40°C; min -5°C

umidità relativa: 95% massima

Grado di protezione

L'involucro esterno assicurerà un grado di protezione non inferiore a IP31 (secondo CEI 70-1 e IEC 529)

Scomparto RADDRIZZATORE

Il raddrizzatore a reazione dodecafase dovrà essere realizzato ponendo in parallelo tramite una bobina interfase due raddrizzatori a reazione esafase, ciascuno contenuto in uno scomparto. Lo scomparto sarà diviso internamente in celle, tramite pannelli o diaframmi, che conterranno le singole apparecchiature e gli altri componenti necessari per assicurare il corretto funzionamento dello stesso.

Lo scomparto raddrizzatore dovrà essere atto per essere affiancato a scomparti simili contenenti tutte le altre apparecchiature necessarie per la realizzazione del "Quadro blindato in corrente continua".

Ogni unità raddrizzatore dovrà essere costituita da due scomparti raddrizzatori collegati in parallelo tramite trasformatore interfase.

Il raddrizzatore dovrà avere le seguenti caratteristiche elettriche principali:

- Schema di connessione doppio ponte di Graetz trifase parallelo
- Circuito di collegamento N° 9 (CEI EN 60146 - 1 -1 tabella 1)
- Tensione nominale in ingresso 590 Vca
- Tensione nominale in uscita 750 Vcc
- Tensione massima in uscita a vuoto con ingresso nominale (590 Vca) 800 Vcc
- Frequenza di alimentazione tensione in ingresso 50 Hz
- Potenza erogata continuativa 1500 kW
- Corrente nominale raddrizzatore 2000 A
- Sovraccarico per 2 ore 3000 A
- Sovraccarico per 1 minuto 6000 A
- Classe di servizio VI (tabella 2, norme CEI EN 60146 - 1 –1)
- Livello di isolamento:
- tensione di tenuta a 50 Hz per 1' 5,5 kV
- Raffreddamento AN
- Corrente di cortocircuito valore di regime (250 ms) 16 kA
- Corrente di cortocircuito transitoria (valore di picco) 26 kA
- Inquinamento armonico lato continua secondo raccomandazione IEC 146-1-2 § 3.5
- Inquinamento armonico lato alternata secondo raccomandazione IEC 146-1-2 § 3.6.

RISPONDEZZA ALLE LEGGI

Norme CEI ed antinfortunistiche vigenti;

NFC 20 040 categoria D o equivalente;

NFF 41023 IEC 947 - 3 NFC 15 100 o equivalenti;

Norma IEC 801 - 4 o equivalente;

Norma IEC 529 o equivalente;

NFC 20040 CATEGORIA D o equivalente.

La costruzione delle apparecchiature, il montaggio delle stesse e l'esecuzione degli impianti dovranno essere eseguiti a regola d'arte nel rispetto della legge n. 186 del 01.03.1968.

#### PROVE E COLLAUDI

Si possono distinguere in prove sulle apparecchiature per accertare la rispondenza ai requisiti costruttivi e prove sull'impianto completo per verificare la correttezza delle modalità e funzionalità delle installazioni.

Le prove sulle apparecchiature sono da intendere eseguite presso il Costruttore con riferimento alle norme CEI o equivalenti.

### 17.5 SPECIFICHE TECNICHE PER LE APPARECCHIATURE CC IN LINEA

#### GRUPPO DI MANOVRA E SEZIONAMENTO

Il gruppo di manovra e sezionamento dovrà essere un apparecchio unipolare per corrente continua, con le seguenti caratteristiche tecniche:

- interruzione visibile tramite vista diretta dei coltelli;
- contatti fissi e mobili in rame argentato;
- tecnologia di contatto tale da garantire in posizione "circuito aperto" una distanza di isolamento elevata per sopperire alle continue sovratensioni presenti sulla linea di contatto tranviaria;
- asse metallico di collegamento monoblocco che garantisca l'apertura dell'insieme dei contatti;
- camera di interruzione dell'arco di tipo speciale per interruttori funzionanti in corrente continua;
- facilità di ricambio dei pezzi di interruzione senza smontare l'apparecchio;

- contatti ausiliari a tenuta stagna per il rilevamento posizione dello stato dei contatti termici (250V 6A);

- dispositivo per lucchettare il comando manuale di soccorso in posizione di aperto.

Caratteristiche elettriche

- Corrente nominale termica 2500 A;

- potere di chiusura in cortocircuito almeno 80 KA di cresta;

- tensione di isolamento adatta a sopportare le sovratensioni tipiche della linea di trazione elettrica (comunque non inferiore ad 1,8 KV);

- tensione nominale 750 V c.c.;

- tensione permanente massima 900 V c.c.;

- tensione non permanente massima 950 V c.c.;

- potere d'interruzione a 750V c.c.: 2500 A durata 0,25 s.;

- distanza d'isolamento attorno all'apparecchio almeno 40 mm;

- comando motorizzato 230V 50Hz monofase con comando di soccorso rinviato con opportuni leveraggi;

- resistenza meccanica con almeno 10.000 cicli;

- contatore per la numerazione delle manovre di apertura e chiusura dell'apparecchio;

- blocchi a chiave per impedire manovre errate.

NORME DI RIFERIMENTO

Norme CEI ed antinfortunistiche vigenti;

Norma CEI EN 50123-1;

Norma CEI EN 50123-4;

NFC 20 040 categoria D o equivalente;

NFF 41023 IEC 947 - 3 NFC 15 100 o equivalenti;

Norma IEC 801 - 4 o equivalente;

Norma IEC 529 o equivalente.

PROVE E COLLAUDI



Si possono distinguere in prove sulle apparecchiature per accertare la rispondenza ai requisiti costruttivi e prove sull'impianto completo per verificare la correttezza delle modalità e funzionalità delle installazioni.

Le prove sulle apparecchiature sono da intendere eseguite presso il Costruttore con riferimento alle norme CEI 50123-4.

#### CERTIFICAZIONI

Il fornitore dovrà presentare referenze e certificazioni comprovanti analoghe realizzazioni già effettuate per impieghi di trazione elettrica sul campo ferrotranviario.

### 17.6 SPECIFICHE TECNICHE PER LE APPARECCHIATURE BT

#### QUADRO BASSA TENSIONE DI SOTTOSTAZIONE

Le apparecchiature ed i materiali, devono essere realizzati in conformità con quanto prescritto dalla edizione in vigore delle Norme CEI e varianti applicabili anche se non espressamente citate nell'elenco che segue.

I materiali ove richiesto devono essere di tipo approvato ed in accordo con le norme UNI e con le prescrizioni delle Leggi, Decreti e Circolari applicabili.

Inoltre, dove previsto, tutti i materiali devono essere dotati del Marchio Italiano di Qualità (I.M.Q.).

Il quadro, così come tutti gli accessori relativi, deve essere dotato di marcatura CE riguardante la compatibilità elettromagnetica, nel rispetto della Direttiva CEE 89/336, trasposta in legge dallo Stato Italiano con D.L. 476 del 04/12/92

Di seguito si elencano le principali norme:

CEI 70-1 ed.1980 "Classificazione dei 70-1 V1 1989 gradi di protezione degli involucri".

CEI 17-13/1 ed.1990 "Apparecchiature assiemate di protezione e di manovra per bassa tensione (quadri BT). Parte I: Prescrizioni per apparecchiature di serie (AS) e non di serie (ANS)".

CEI 64-8 "Impianti elettrici utilizzatori a tensione nominale non superiore a 1 kV in c.a. e a 1,5 kV in c.c.".

CEI 17-5 "Interruttori automatici per c.a. e tensione nominale non superiore a 1 kV e per c.c. e tensione nominale non superiore a 1,2 kV".

CEI 22-3 "Alimentatori stabilizzati con uscita in c.c.. Parte I: Termini e definizioni".

CEI 22-4 "Alimentatori stabilizzati con uscita in c.c.. Parte II: Valori assegnati e prestazioni".

CEI 22-5 "Alimentatori stabilizzati con uscita in c.c.. Parte IV: Prove diverse da quelle concernenti i radiodisturbi".

CEI 20-11 "Caratteristiche tecniche e requisiti di prova delle mescole per isolanti e guaine dei cavi per energia".

#### DATI AMBIENTALI

(riferiti al locale ove è installato il quadro)

temperatura ambiente: max +40°C; min -5°C

umidità relativa: 95% massima

#### Grado di protezione

L'involucro esterno assicurerà un grado di protezione non inferiore a IP31 (secondo CEI 70-1 e IEC 529)

#### CARATTERISTICHE TECNICHE

Il quadro sarà suddiviso nelle seguenti sezioni:

- sezione normale c.a., contenente tutti gli interruttori di protezione delle utenze a 380/220 V c.a.

- Tensione nominale 380/220 Vca
- Frequenza nominale 50 Hz
- Tensione di isolamento 2,5 kV
- Corrente nominale 400 A

- lcc simmetrica (lcs calcolata) max 10 kA;
- sezione di assoluta continuit  c.a., alimentata da UPS e contenente tutti gli interruttori di protezione delle utenze a 380/220 V c.a.
- Tensione nominale 380/220 Vca
- Frequenza nominale 50 Hz
- Tensione di isolamento 2,5 kV
- Corrente nominale 100 A
- lcc simmetrica (lcs calcolata) max 10 kA;
- sezione 110Vcc, alimentata dal Carica Batterie 110Vcc e contenente tutti gli interruttori di protezione delle utenze a 110Vcc
- Tensione nominale 110Vcc
- Tensione di isolamento 2,5 kV
- Corrente nominale 100A
- lcc simmetrica (lcs calcolata) max.10 kA;
- sezione 24Vcc, alimentata dal Convertitore 110Vcc/24Vcc e contenente tutti gli interruttori di protezione delle utenze a 24Vcc
- Tensione nominale 24Vcc
- Tensione di isolamento 2,5 kV
- Corrente nominale 50 A
- lcc simmetrica (lcs calcolata) max.10 kA.

#### RISPONDERENZA ALLE LEGGI

1. Le apparecchiature elettriche installate dovranno essere conformi alle norme CEI, UNI ed IEC applicabili nonche' al D.Lgs 09/04/2008 n. 81, e successivi aggiornamenti e al D.M. 37/2008.
2. Legge 5 novembre 1971 n. 1086
3. Circolare M. LL.PP. n. 20244 del 30 giugno 1980.
4. Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 6090 punto 4.6.

5. Legge 2 febbraio 1974 n. 64
6. Legge 24 gennaio 1986
7. Legge 3 Dicembre 1987 (norme per le costruzioni prefabbricate).
8. Circolare M.LL.PP. 16 marzo 1989 n. 31104.
9. Legge 12 febbraio 1982 (norme carichi e sovraccarichi)
10. Circolare M. LL.PP. 24 maggio 1982 n. 22631
11. D.L. 626/94 e successive modifiche ed integrazioni

#### PROVE

Le prove si intendono suddivise nelle seguenti categorie:

- prove di tipo, sostituite dai certificati di prova;
- prove individuali (di accettazione).

Le prove individuali (di accettazione) saranno eseguite su tutti gli scomparti e i relativi componenti.

Nel corso della fornitura, dovrà essere fornito un programma di tutte le prove individuali che si effettueranno sui vari componenti.

Si intendono prove individuali tutte quelle che non sono esplicitamente dichiarate di tipo.

#### CERTIFICATI DI PROVE DI TIPO

In alternativa può essere accettata la certificazione relativa a prove di tipo eseguite presso il CESI o laboratorio legalmente riconosciuto per apparecchiature con caratteristiche analoghe a quelle richiamate nella presente specifica.

Verranno forniti i certificati relativi alle seguenti prove di tipo:

- Verifica dei limiti di sovratemperatura (su uno scomparto a campione per ognuna delle quattro sezioni principali: normale, continuità, 110Vcc e 24Vcc);
- Prova per la verifica del livello di isolamento;
- Prova di idoneità dei circuiti principali e di terra a sopportare correnti di picco e di breve durata;
- Verifica della tenuta ai cortocircuiti (derivate da quadri con applicazioni simili).

## PROVE INDIVIDUALI (DI ACCETTAZIONE)

### *Prove sui componenti*

Prima del montaggio, sugli scomparti dovranno essere eseguite le prove individuali (di accettazione) previste dalle Norme CEI.

Le singole unità costituenti il quadro dovranno essere montate nell'officina del Costruttore, complete di tutte le apparecchiature principali ed ausiliarie.

Prima delle prove sul quadro dovranno inoltre essere assiemate tutte le unità costituenti ciascun quadro.

In particolare verranno provate le apparecchiature di seguito elencate:

- Interruttori
- Cavi
- Apparecchi di comando e segnalazione
- Strumenti
- Relé di protezione
- Trasformatori di corrente e shunt
- Manipolatori

### *Prove sul quadro*

Saranno eseguite preliminarmente verifiche sulle strutture meccaniche e sui vari cicli di verniciatura.

Prima delle prove sul quadro dovranno essere realizzati i collegamenti elettrici fra le unità costituenti il quadro.

Sul quadro saranno eseguite tutte le prove previste dalle Norme tra le quali quelle di seguito elencate:

- controllo a vista e dimensionale del complesso e delle singole parti;
- prove di funzionamento meccanico, con particolare riguardo alla verifica degli interblocchi ed arresti meccanici relativi all'introduzione in cella ed all'estrazione degli interruttori;
- controllo intercambiabilità delle apparecchiature in versione estraibile di eguale portata;

- prove di sequenza di manovra;
- prove dei dispositivi elettrici di manovra, da effettuarsi su tutte le unità del quadro, con tensione di comando pari all'85% del valore nominale;
- prove di tensione a frequenza industriale;
- Prima e dopo l'applicazione della tensione verrà misurato l'isolamento fra ciascuna fase o polarità e le altre che saranno collegate a massa, tra le singole fasi o polarità, dei cavi di distribuzione dei circuiti ausiliari in c.c. e in c.a.;
- Controllo elettrico e di funzionamento dei circuiti ausiliari, esteso a tutti i circuiti del quadro verificando:
  - la corretta inserzione delle protezioni;
  - il corretto funzionamento delle protezioni;
  - il corretto funzionamento delle logiche di comando, segnalazioni e i tempi di ritardo delle logiche;
- verifica giro fili;
- prove di funzionamento meccanico;
- prove dei dispositivi ausiliari;
- Verifica sequenza allarmi centralina.

L'elenco completo delle prove sarà inserito, a cura del Costruttore, nel PFC.

#### GRUPPO STATICO DI CONTINUITA'

Ciascun sistema dovrà essere composto da due centraline UPS in parallelo (una di riserva all'altra), che condividono un unico armadio batterie . In caso di avaria di entrambi gli UPS dovrà essere previsto un by-pass manuale munito di stabilizzatore .

Funzioni che dovranno essere esplicate dall'UPS:

fornire la corrente alternata necessaria al funzionamento delle utenze privilegiate di linea in c.a.;

mantenere in carica di compenso le batterie per l'alimentazione di emergenza;

ricaricare a fondo le batterie in caso di loro utilizzo;

segnalare localmente e al centro di telecontrollo eventuali sue anomalie.

I valori della corrente di mantenimento e di carica a fondo devono essere adeguati al tipo di batteria adottato.

Ciascun UPS dovrà avere le seguenti caratteristiche.

La configurazione parallelo modulare permetterà di condividere l'alimentazione del carico dagli inverter o dalle linee di riserva di ciascun UPS.

Il controllo e il monitoraggio del sistema sarà realizzato effettuato automaticamente tramite i comandi dei singoli UPS.

Ogni Sistema Statico di Continuità (UPS) sarà composto dalle unità funzionali di seguito elencate:

Raddrizzatore / carica batterie;

Inverter;

Commutatore statico;

Batterie.

## 18. CAVI DI ALIMENTAZIONE

### 18.1 GENERALITÀ

Oggetto della seguente specifica tecnica sono la fornitura di tutti i materiali, l'esecuzione di tutte le opere e quant'altro occorre per i lavori di scavo e di posa in opera dei cavi elettrici in trincea, in galleria, in cunicolo ed in polifora, inclusi gli eventuali rifacimenti stradali, per l'alimentazione della linea di contatto.

L'alimentazione è derivata dalle quattro sottostazioni alla linea di contatto mediante cavi di sezione pari a 300 mmq.

Inoltre da tali sottostazioni dovranno essere derivati i cavi di collegamento per l'alimentazione in bassa tensione, di segnalamento, al fine di assicurare il pieno funzionamento delle apparecchiature di sezionamento amperometriche, di segnalazione e di informazione all'utenza, poste lungo il tracciato, descritte nelle specifiche tecniche relative.

### 18.2 DESCRIZIONE PARTICOLAREGGIATA DEI LAVORI - POSA DEI CAVI IN TRINCEA

I lavori comprendono:

- l'esecuzione degli scavi per ricavare le canalizzazioni destinate a ricevere uno o più cavi. Sono compresi in detti scavi il disfacimento della pavimentazione stradale e del sottofondo e l'apertura delle trincee. Alle scarpate laterali degli scavi dovrà essere garantita la stabilità durante la posa dei cavi, anche quando sui bordi vengono depositati degli stessi. La larghezza degli scavi sarà misurata sul fondo degli stessi;
- la posa dei cavi;
- il collocamento in opera delle protezioni dei cavi, che consistono in tubi di PVC o in altro modo secondo le prescrizioni date dalla Direzione Lavori caso per caso;
- il getto di un ulteriore strato di malta cementizia al di sopra del piano delle protezioni per tutta la lunghezza di esse;
- l'asportazione ed il trasporto a discarica delle terre provenienti dagli scavi e di tutti i rottami e materiali non utilizzabili comunque residuati dopo il rinterro;



- realizzazione di pozzetti di ispezione ogni 30 mt circa delle dimensioni interne utili pari a 0,50 x 1,50 x 0,40 mt.

### 18.3 SICUREZZA FISICA DEI LAVORATORI

L'impresa dovrà consegnare all'Amministrazione il piano delle misure per la sicurezza fisica dei lavoratori previsti all'art. 18 comma 8 della legge n. 55 del 19.03.1990. Tale piano deve essere messo a disposizione delle autorità competenti preposte alle verifiche ispettive di controllo dei cantieri prima dell'inizio dei lavori e comunque non oltre trenta giorni dalla data del verbale di consegna degli stessi. Il piano sarà aggiornato di volta in volta e, nell'ipotesi di associazione temporanea di impresa o di consorzio, detto obbligo incombe all'impresa mandataria o designata quale capogruppo.

### 18.4 MODALITÀ PER L' ESECUZIONE DEI LAVORI

La posa di ciascun cavo dovrà essere eseguita di pari passo con lo scavo. L'impresa dovrà uniformarsi, sotto la sua esclusiva responsabilità, a tutte le leggi ed i regolamenti in vigore ed a quelli che saranno emanati durante il corso dell'appalto, nonché a tutte le disposizioni comunali con particolare riguardo a quelle indicate nelle licenze per l'esecuzione del lavoro. Ad attuare il rilascio di tali licenze ed autorizzazioni provvederà la stessa ditta appaltatrice.

### 18.5 PROVE SUI MATERIALI

I materiali forniti dalla ditta dovranno rispondere alle norme tecniche vigenti, CEI, UNEL ed UNI.

### 18.6 CONDOTTA DEI LAVORI

I lavori dovranno essere condotti con solerzia, perizia e perfetta regola d'arte impiegando mezzi adeguati all'importanza dei lavori ed al tempo assegnato a compierli.

I lavori dovranno essere condotti in modo da non intralciare, più di quanto comporti l'assoluta necessità, la circolazione dei veicoli, il libero passo di pedoni e l'accesso alle case e negozi: circolazione, libero passo e accessi che dovranno comunque essere garantiti. Alla fine di ogni giornata i mezzi d'opera e i materiali di ogni specie dovranno essere disposti, a cura e spese

dell'Impresa, in luoghi appartati ove rechino il minor incomodo; inoltre i materiali da trasportarsi alle discariche dovranno essere allontanati dalle zone dei lavori non oltre il tramonto.

## 19. LINEA DI CONTATTO

---

### 19.1 DESCRIZIONE DELL' IMPIANTO

La linea deve poter essere percorsa dalle vetture tranviarie previste in progetto e descritte in capitolato.

La linea di contatto, destinata a funzionare a 750 V in corrente continua, è costituita da singolo filo di contatto per ogni corsia, con collegamenti equipotenziali tra le due rotaie, posti ogni 100 metri circa.

Ogni filo di contatto sarà di sezione nominale pari a 120 mmq 120 UNEL 70611/71, con tiro di 1200 da N regolato con sistemi di compensazione. La linea di contatto è realizzata di norma con sospensione su palo, su gancio ed a mensola secondo le varie necessità.

Il filo di contatto deve essere posato con un tiro pari a circa 900 daN in modo da garantire il regolare contatto tra pantografo e conduttore nelle diverse condizioni di temperatura ambientale.

I sostegni sono realizzati con pali poligonali metallici.

Il materiale metallico deve essere in acciaio inossidabile o in lega di rame. Non è ammesso l'uso di acciaio non inossidabile, salvo che per i pali ed i ganci a muro.

In particolare, si dovranno rispettare le seguenti prescrizioni:

- i morsetti terminali per le funi in materiale sintetico devono essere in acciaio inox e del tipo indicato dal fornitore delle funi;
- le sospensioni in vetroresina devono essere adatte al tipo di fune utilizzata (parafil);
- i complessi di poligonazione, in acciaio inox, devono avere sezione quadrata e devono essere a richiesta regolabili in lunghezza.

## 19.2 SOSPENSIONI

La sospensione tipo è realizzata mediante tiranteria trasversale in materiale sintetico, sostenuta mediante appoggi costituiti da pali metallici di tipo rastremato, ganci a muro e mensole.

Per la realizzazione di tiranti si utilizzerà il tipo di fune che presenti un carico di lavoro non superiore al 40% del carico di prova a trazione, calcolato tenendo conto delle sollecitazioni dovute al carico ed al vento (norme CEI 9.2).

## 19.3 POLIGONAZIONE

La poligonazione viene indicata nei limiti di  $\pm 30$  cm.

Il passo di poligonazione (distanza massima fra i due punti positivi di poligonazione successivi più distanti dalle rotaie) è di circa 100 m.

## 19.4 ALTEZZA SUL PIANO DEL FERRO

Il piano di contatto è pari a poco più di 5 m circa rispetto al piano del ferro, comunque nel rispetto dei limiti previsti dalle norme CEI 9.2.

Eventuali raccordi di altezza devono essere realizzati con variazione di altezza non superiore ai 2 mm per metro di linea 2 ‰ (due per mille).

## 19.5 DISTANZE DI SICUREZZA

Per le distanze di sicurezza delle parti in tensione della linea di contatto da opere fisse, come parti metalliche o manufatti murari, devono essere osservate le Norme UNIFER CEI 9.2 e successiva var. V1.

La distanza minima della generatrice di ciascun palo rispetto alla rotaia più vicina deve essere minimo pari a 1,40 m in rettilineo, in curva tale distanza varia secondo il raggio.

## 19.6 SCAMBI

Nel tracciato in oggetto verranno realizzati diversi scambi localizzati nei capolinea, all'innesto con via Nazario Sauro e con la direttrice che conduce al deposito.

Tali scambi saranno attuati mediante sistema di radioazionamento, che verrà comandato mediante opportuni apparati radio presenti a bordo della vettura.

La posizione degli aghi degli scambi verrà indicata mediante opportuni sistemi di segnalamento del tipo semaforico.

La linea aerea di contatto sarà realizzata sopra gli scambi in modo da assicurare il corretto scorrimento del pantografo, senza pericoli di impigliamento sia per i tram che percorrono la rotaia principale o la rotaia secondaria, sia per quelli che debbono, per necessità contingente, operare manovre in retromarcia.

### 19.7 ALIMENTAZIONI E SEZIONAMENTI

Le linee di contatto delle due corsie di linea sono tra loro allacciate mediante collegamenti equipotenziali, ma sono interrotte da sezionamenti attuati con appositi isolatori di sezione per linea aerea.

Il sezionamento elettrico deve permettere il passaggio del pantografo alla velocità massima consentita dalla via senza produrre archi tali da danneggiare la parte isolante.

- Conformità alle norme VDE 0441 e caratteristiche elettriche secondo CEI UNEL 7926.

### 19.8 CAVI DI ALIMENTAZIONE

L'alimentazione è derivata dalle quattro sottostazioni alla linea aerea di contatto mediante cavi di sezione pari a 300 mmq secondo le modalità tecniche previste nelle specifiche relative ai cavi di alimentazione.

### 19.9 COLLEGAMENTO A TERRA DEI PALI

Ciascun palo di sostegno deve essere collegato a terra tramite una treccia di rame ( $S=63$  mm), di adeguata lunghezza, ed una "puntazza" d'acciaio da interrare per una profondità di almeno 2,5 metri, ovvero dovrà realizzarsi un collegamento tramite treccia di rame sez. 120 mmq lungo le polifere di servizio.

## 19.10 FORNITURA DEI MATERIALI

Tutti i materiali (pali, mensole, fili di rame, tiranti sintetici, morsetteria, cavi di alimentazione, scambi aerei, interruttori, piastre di sezionamento, trecce equipotenziali, collari, bulloneria, puntazze, cemento, sabbia per fondazioni ecc.) occorrenti per la costruzione e per rendere gli impianti di linea aerea perfettamente funzionanti, dovranno essere forniti dall'Impresa aggiudicataria.

Tutti i materiali dovranno essere indicati sui disegni allegati e comunque conformi alla normativa vigente (CEI, UNIFER, UNI, UNEL, ecc.); in particolare i conduttori di contatto dovranno essere rispondenti alle norme CEI-UNEL 70611 - 71 tipo A e le funi secondo le norme CEI-UNEL 79825-88.

I materiali impiegati devono risultare di alta qualità: a tal proposito l'Ente Appaltante rifiuterà materiali provenienti da costruttori sprovvisti di certificazione di qualità in merito al ciclo produttivo (standard UNI-EN 29000/1/2/3/4).

## 20. TELECONTROLLO IMPIANTI

### 20.1 TELECONTROLLO IMPIANTI FISSI

E' previsto un sistema di telecontrollo degli impianti fissi costituito da una rete di PLC nelle fermate e da una parte di supervisione al Centro di Controllo (PCC), dedicata in particolare alla supervisione degli allarmi degli impianti non-TE (Trazione Elettrica) presenti presso le fermate. La funzione del sottosistema di telecontrollo degli impianti fissi é la gestione degli allarmi provenienti dalle apparecchiature dei sistemi che costituiscono l'insieme degli impianti tecnologici della tranvia.

Il sistema di supervisione è integrato nella piattaforma SCADA su cui si basa il sistema di telecontrollo di PCC. La raccolta degli allarmi e della diagnostica delle apparecchiature è realizzata mediante PCL distribuiti nelle fermate e nelle SSE. Per i PLC nelle fermate una parte degli I/O sono dedicati alla raccolta allarmi degli apparati di fermata e del quadro elettrico.

Gli apparati oggetto della presente Specifica Tecnica dovranno essere installati: nel locale tecnico del PCC (Posto Controllo Centrale) che costituisce il punto di raccolta e distribuzione centrale delle tele comunicazioni della tramvia, nei locali tecnici del deposito e nei concentratori (armadi di Telecontrollo) delle singole fermate.

Gli apparati del PCC e delle fermate sono collegate tramite una rete multiservizio che avrà il compito di supportare tutte le comunicazioni audio, video e dati necessarie per l'operatività della Tranvia e alla gestione del sistema completo di Telecontrollo (Telecomunicazioni e SCADA impianti fissi).

L'intero sistema di telecomunicazioni sarà gestito da un sistema integrato di controllo tramite postazioni operatore installate presso la sala di controllo del Fabbricato Direzionale del PCC . Di seguito sono elencati i sottosistemi che utilizzeranno la rete Multiservizio come dorsale di comunicazione:

Sottosistema AMOS e SCADA Allarmi impianti fissi: gestirà in modo integrato tutti sottosistemi di comunicazione, permettendo agli operatori del PCC un operatività semplificata tramite

interfaccia grafica specializzata per il tipo di gestione; il sistema SCADA invece, provvederà a raccogliere gli allarmi provenienti dalle fermate ed attuare comandi su richiesta degli operatori al PCC;

Sottosistema Diffusione Sonora: consentirà la diffusione sonora nelle fermate di messaggi informativi provenienti dal PCC ed indirizzati agli utenti ed al personale di servizio;

Sottosistema Pannelli Informativi: consentirà la visualizzazione nelle fermate di informazioni ai passeggeri, generalmente relative ai tempi di attesa dell'arrivo del veicolo ed eventuali ritardi;

Sottosistema di Telefonia IP: consentirà la comunicazione in fonia tra gli operatori sia nelle fermate ed il PCC e sia tra operatori di differenti fermate;

Sottosistema di Telefonia Automatica: consentirà la comunicazione in fonia tra gli uffici dell'area del Deposito e inoltre garantirà l'accesso alle linee pubbliche;

Sottosistema di Sincronizzazione Oraria : consentirà la sincronizzazione dell'ora di tutti gli orologi ed apparati degli impianti ad esso collegato;

Sottosistema Radio: consentirà la comunicazione in voce ed in dati tra gli operatori al PCC e i conducenti a bordo treno, mentre, per gli apparati installati a bordo, il sistema radio provvederà alla trasmissione dei dati diagnostici e di posizione del veicolo;

Sottosistema di Bordo: consentirà la gestione degli apparati di bordo in accordo con le operatività richieste dal centro dei controllo. Il sottosistema di bordo provvederà, inoltre, a raccogliere gli allarmi e stati provenienti dagli apparati ad esso collegati per poi trasmetterli via radio al sottosistema AMOS.

Telecomando SSE e gestione della manutenzione

E' previsto un sistema di telecomando SSE (SCADA) preposto alla supervisione, controllo e diagnostica del sistema di alimentazione, nonché un sistema di Gestione della Manutenzione preposto al supporto delle attività manutentive dell'intero impianto.

Il sistema SCADA ha il compito di centralizzare al Posto centrale le informazioni relative agli impianti di alimentazione. Permette di eseguire:



- il telecontrollo e telecomando delle SSE;
- la riconfigurazione della rete MT;
- la diagnostica delle SSE.

L'operatività sopra descritta è realizzata tramite le funzionalità messe a disposizione dal sistema SCADA. Le informazioni che dal centro viaggiano verso la periferia, definite Telecomandi (TC) (dal punto di vista dello SCADA sono degli output), permettono di impartire i comandi necessari alla gestione degli impianti sopra citati. I telecomandi possono corrispondere a comandi singoli, macrocomandi o sequenze di comandi (gestite da PLC). Le informazioni che viaggiano dalla periferia verso il centro sono definite Teleconcontrolli (TK) e sono visti dal sistema SCADA come input. I telecontrolli possono ulteriormente classificarsi come:

- Teleallarmi: relativi a condizioni d'anormalità o guasti;
- Telesegnalazioni: relative a variazioni di stato degli organi comandati;
- Telemisure: misure analogiche d'interesse ai fini della gestione dell'impianto.

La supervisione ed il controllo dell'impianto sono realizzati attraverso l'acquisizione dei segnali provenienti dalla periferia, la gestione dei comandi operatore, il controllo sullo stato delle apparecchiature, l'acquisizione di misure e la produzione d'allarmi. Gli allarmi sono generati per mancata esecuzione di un comando impartito o in corrispondenza di determinate situazioni d'anomalia dei componenti dell'impianto.

Gli impianti d'alimentazione da gestire sono le sottostazioni elettriche di conversione e relativi servizi ausiliari, le cabine di trasformazione MT/BT, i gruppi di continuità UPS, i gruppi d'emergenza.

La gestione degli impianti d'alimentazione elettrica comprenderà:

- la verifica costante dello stato di funzionamento degli impianti attraverso teleallarmi, telesegnalazioni e telemisure;
- la riconfigurazione telecomandata delle reti di alimentazione elettrica in caso di avaria o manutenzione in modo da garantire per quanto possibile la continuità del servizio.

Il sistema di Gestione della manutenzione dell'intero impianto permette di seguire l'intero ciclo delle operazioni manutentive, tracciando le attività svolte e gli eventi inerenti le apparecchiature da mantenere.

Il sistema funziona in modalità Client/Server e si appoggia ad un database relazionale (MS SQL o Oracle).

Il prodotto è strutturato in tre macroaree principali:

- manutenzione
- inventario
- acquisti

All'interno della macroarea manutenzione, vengono definite le entità (società, linee, macchine, componenti), le richieste/ordini di lavoro (di emergenza, semplici, multioperazione), le operazioni di manutenzione preventiva, le risorse umane disponibili.

Nell'area inventario si definiscono le parti di ricambio, i magazzini, le operazioni di carico/scarico da magazzino.

Negli acquisti infine, si codificano i fornitori, si creano i cataloghi di acquisto, gli ordini e le operazioni di fatturazione.

Si possono creare le richieste di lavoro e queste possono essere convertite in ordini di lavoro. Gli OdL possono essere preventivati, inserendo le risorse necessarie al loro svolgimento (sia manodopera che materiali). La preventivazione consente di utilizzare una serie di procedure automatiche (dall'impegno dei materiali, alla creazione di liste prelievo o di ordini verso fornitori) atte a evitare che la mancanza di parti di ricambio impedisca l'esecuzione degli OdL. Agli OdL possono associarsi tutte le procedure di sicurezza ritenute necessarie. Gli OdL possono essere semplici o multioperazione.

Possono stabilirsi dei piani di manutenzione preventiva, stabilendo vari criteri per la loro generazione. Può stabilirsi la reiterazione delle operazioni in base a delle cadenze temporali (es. Ripeti l'operazione ogni 15 giorni o genera l'operazione in questo particolare periodo) o in base a dei valori misurati sul campo (es. il raggiungimento di un determinato numero di ore di funzionamento o il superamento di determinati valori di pressione o temperatura. La

generazione degli ordini di lavoro porta il loro inserimento nell'archivio relativo, in cui possono essere presenti anche OdL dovuti a eventi accidentali.

## 21. IMPIANTI TRASMISSIVI ED INFORMATIVI

### 21.1 RETE TRASMISSIONE DATI

Il sistema di trasmissione dovrà garantire il servizio di remotizzazione in fermata di linee seriali e rendere disponibili interfacce Ethernet per ulteriori impianti della Tramvia di seguito elencati:

- Sistema di Tariffazione automatica (emettitrici e oblitteratrici di titoli di viaggio)
- Sistema di Segnalamento, localizzazione e priorità semaforica
- Sistema di controllo semaforico (UTC tramvia - Controllo Urbano del Traffico).

Gli impianti per i quali il sistema garantisce politiche di Qualità del Servizio, in quanto le informazioni di propria competenza e i dati trasferiti sulla rete presentano una elevata sensibilità ai ritardi di trasmissione introdotti dalla rete stessa sono l'impianto TVCC, Telefonico e Diffusione Sonora.

Gli impianti, invece, per i quali può non essere applicata la politica della Qualità del Servizio sono lo SCADA impianti fissi, l'impianto di Sincronizzazione Oraria, i Pannelli Informativi, Tariffazione automatica e gli impianti allacciati al Line server.

Il sistema è costituito da una Rete Multiservizio, basata su Switch di Livello 3 con interfacce ethernet su portante ottica in configurazione ad anello con standard 802.3z Gigabit Ethernet, per il trasporto delle diverse informazioni dalle stazioni periferiche al Posto Centrale di comando e Controllo (PCC), mediante interfacce ethernet 10/100 Mbit.

Elementi essenziali della rete, previsti nel tratto in variante, sono i seguenti:

- nodo multiservizio di fermata
- ethernet switch
- dorsale in fibra ottica

La funzionalità del nodo di fermata è di raccolta dei servizi fonia e dati delle apparecchiature in campo (telefoni automatici, apparati di codifica audio/video, centrali orarie, etc.) per l'inserimento nella rete Multiservizio Gigabit Ethernet.

L'impiego di switch L3 nei nodi, garantisce caratteristiche adeguate in termini di switching/routing/priorità dei diversi flussi di traffico dati trasportati dalla rete in oggetto.

Funzionalità principali del sistema sono:

- Gestione del protocollo IPv4 e della suite protocollare TCP/IP;
- Gestione del protocollo di routing Spanning Tree e OSPF;
- Gestione del protocollo IGMP V2 per la gestione del multicasting;
- Configurazione e garanzia della Qualità del Servizio (QoS) in termini di priorità, banda passante, ritardo massimo, varianza del ritardo dei pacchetti, ecc.;
- Management basato su SNMP ed RMON e MIB associate;
- Gestione locale e remota tramite telnet di tipo Command Line Interface (CLI).

## 21.2 IMPIANTO TVCC

L'impianto di TVCC ha lo scopo di consentire la videosorveglianza delle fermate dislocate lungo la linea tranviaria da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale (PCC). Ciò ha il fine di:

- verificare il corretto svolgimento del servizio di trasporto passeggeri,
- agevolare il personale operativo ad effettuare le opportune richieste di intervento, presso le stesse fermate in caso di necessità,
- permettere di effettuare, da parte degli enti competenti, analisi di particolari eventi avvenuti nelle fermate, utilizzando la registrazione che il sistema TVCC fa delle immagini selezionate dagli operatori del PCC.

Il sistema si basa su una architettura periferia-centro, dove:

- il centro è costituito dall'insieme delle apparecchiature di supervisione del sistema stesso collocate nel Posto di Controllo Centrale (PCC),
- la periferia dall'insieme delle apparecchiature TVCC dislocate nelle fermate del percorso tranviario.
- La comunicazione fra centro e periferia sarà in TCP-IP ed sarà garantita dalla rete Multiservizio Gigabit Ethernet. Il sottosistema sarà gestito normalmente dal server del Sistema di Telecontrollo del PCC ed in condizioni degradate dal Degraded Mode Terminal (DMT) relativo.

- Nelle fermate sarà installata una telecamera per ciascuna banchina, in grado di tenere sotto controllo visivo tutta l'area della fermata medesima.

### 21.3 IMPIANTO DI DIFFUSIONE SONORA

L'impianto di Diffusione Sonora previsto è inserito nella struttura di telecontrollo della tramvia, ovvero il sistema che consente al personale operativo di:

- supportare la supervisione del traffico,
- effettuare la diagnostica degli impianti di telecomunicazione;
- inviare informazioni ai passeggeri nelle fermate;
- eseguire comunicazioni di servizio con le fermate e le SSE.

Il controllo del servizio di diffusione sonora è mediato tramite il sistema di telecontrollo.

L'impianto di diffusione sonora di linea ha lo scopo di consentire l'invio di annunci sonori registrati o dal vivo, da parte del personale operante presso il Posto di Controllo Centrale, in punti di diffusione quali: banchine di fermata, per fornire all'utenza informazioni sia sul traffico dei treni che di sicurezza, SSE, per fornire informazioni di servizio o di sicurezza al personale operativo.

La diffusione nelle fermate dei messaggi audio, sarà possibile in tre modalità:

- Automatica: verranno diffusi nelle fermate messaggi in accordo con gli eventi generati dal sistema di localizzazione veicoli;
- Manuale: ogni operatore avrà la possibilità di selezionare dalla sua postazione un messaggio audio da diffondere nelle stazioni e le priorità sono gestite dal sistema di telecontrollo di PCC.
- Dal vivo: ogni operatore può diffondere messaggi dal vivo verso le fermate selezionate.

Per la diffusione sonora nelle fermate sarà inoltre previsto un dispositivo per la riproduzione dei messaggi preregistrati.

Le postazioni operatore tramite l'interfaccia del sistema di telecontrollo consentono agli operatori del PCC di effettuare le operazioni di controllo e selezione dei messaggi audio preregistrati da inviare.

In ogni fermata è previsto un codec audio/video con due uscite audio, ed un amplificatore, con una coppia di diffusori sonori associati, per banchina. I codec audio/video collegati agli amplificatori provvederanno alla funzione di decodificare i flussi in ingresso in segnali audio per la diffusione sonora dei messaggi nelle fermate.

L'acquisizione degli allarmi degli amplificatori di fermata sarà fatta tramite gli apparati di fermata dello scada impianti fissi.

#### 21.4 PANNELLI INFORMATIVI

Il sistema di informazioni al pubblico di tipo visivo previsto sarà realizzato tramite Pannelli informativi luminosi a 2 righe i quali, collegati con la rete Gigabit Ethernet di fermata, ricevono dal PCC le informazioni necessarie ad una corretta informazione ai passeggeri in attesa nelle fermate.

Le funzioni svolte dal sottosistema sono:

- visualizzazione dell'arrivo del treno;
- segnalazioni di eventuali ritardi;
- destinazione prossimo tram;
- visualizzazione di messaggi inviati dagli operatori del PCC.

E' stato previsto un pannello in ciascuna delle due piattaforme di imbarco sotto la pensilina, il contenitore del pannello informativo a terra sarà un contenitore da incasso in estruso o lamiera di alluminio saldato in corrispondenza dei punti di giunzione, con frontale in policarbonato antiurto e accessibilità posteriore mediante portello.

L'interconnessione tra gli apparati centrali e periferici avverrà per mezzo della rete multiservizio Gigabit Ethernet, prevista anche nel tratto in variante, ed il collegamento con l'apparato di comunicazione sarà tramite interfaccia Ethernet.

Le informazioni visualizzate saranno di tipo alfanumerico e la tecnologia utilizzata sarà a matrice di led. Ogni pannello informativo possiede una propria CPU ed è in grado di memorizzare messaggi alfanumerici standard richiamabili da operatore tramite comando. La CPU provvederà a raccogliere le informazioni diagnostiche del pannello per poi trasmetterle al centro di gestione integrato. I pannelli potranno visualizzare sia messaggi memorizzati che

messaggi inviati dall'operatore, ed i messaggi potranno avere una priorità di visualizzazione diversa. I pannelli avranno la possibilità di visualizzazione del testo in modo fisso, lampeggiante, scorrevole e scorrevole lampeggiante.

## 21.5 SINCRONIZZAZIONE ORARIA

E' stato previsto un impianto di sincronizzazione oraria utilizzato sia ad uso pubblico che per esigenze di servizio, che sarà in grado di effettuare la sincronizzazione di tutti gli elementi ad esso collegati.

Gli apparati che, nel caso in esame, necessitano di sincronizzazione sono gli orologi ed i codec audio/video nelle fermate.

La sincronizzazione degli apparati avverrà utilizzando un NTP server

Il sottosistema è costituito da una parte periferica che colloquia tramite la dorsale di comunicazione (GigaEthernet) con un posto centrale che ne permette la gestione.

La parte periferica è rappresentata dalle fermate della tramvia dove sono installati un orologio digitale per ciascuna banchina.

L'orologio di fermata sarà di tipo digitale a singola faccia a led composto da matrice 40x16 pixel, e sarà integrato, in ogni fermata, all'interno di un case (carter) accanto al pannello di informazione al pubblico.

La sincronizzazione oraria degli orologi digitali di banchina è trasmessa dal posto centrale mediante la rete ethernet in fibra ottica utilizzando il protocollo NTP (RFC 1305).

## 21.6 SISTEMA DI COMUNICAZIONE RADIO TETRA

Il sistema di comunicazione radio utilizzato impiega una rete radiomobile TETRA.

Le principali caratteristiche della tecnologia TETRA vengono di seguito elencate:

- sistema di comunicazione radio digitale allo stato dell'arte, pienamente compatibile con lo standard TETRA definito a livello europeo;
- instaurazione veloce delle chiamate;
- gestione delle priorità tra le varie comunicazioni radio per far fronte alle eventuali situazioni di emergenza;



- elevata efficienza "spettrale" rispetto agli altri sistemi radiomobili;
- sicurezza delle comunicazioni, grazie a procedure di autenticazione e protezione di tipo crittografico.

La rete di trasporto, necessaria per assicurare le connessioni fra i vari elementi dell'infrastruttura fissa della rete radio-mobile, è realizzata utilizzando un collegamento in fibra ottica dedicato. Le Stazioni Radio Base (SRB) si interfaceranno alla dorsale in fibra ottica mediante opportuni convertitori ottico/elettrici.

Il sistema radio Terra-Treno è progettato per consentire, lungo le linee tranviarie, conversazioni tra il PCC ed i treni di servizio.

Le tipologie di comunicazione in fonia che saranno supportate saranno le seguenti:

- chiamata individuale(half/full duplex);
- chiamata di gruppo;
- chiamata di emergenza;
- ascolto discreto (in emergenza) della fonia in cabina da PCC.

Oltre a supportare le comunicazioni in fonia la rete radio è in grado di gestire anche le informazioni di radio-localizzazione provenienti dai tram utilizzando il servizio SDS (Short Data Services) standard della tecnologia TETRA.

## 21.7 EMETTITRICI

Gli apparati sono costituiti da emettitrici automatiche (EMETTITRICE – Ticket Vending Machine) disposte su ciascun marciapiede di ogni fermata.

Gli apparati del Posto Centrale di Controllo e delle fermate sono collegati tramite la rete multiservizio del sistema di Telecontrollo, che sarà implementata lungo il tracciato in variante.

L'emettitrice prevista è un prodotto che presenta le seguenti caratteristiche salienti:

- vendita di titoli di viaggio cartacei e rinnovo/ricarica di titoli contactless;
- interazione con l'utente basata su video a colori e tasti funzione posti lateralmente allo schermo e di significato sensibile al contesto (tipo "Bancomat");
- pagamento del servizio con monete, banconote e strumenti elettronici;
- eventuale resto erogato in monete;

- realizzazione adatta al funzionamento in esterno;
- capacità di estensione ed espansione funzionale.

L'emettitrice presenta le seguenti caratteristiche generali, che la rendono adatta al montaggio in esterno:

- carrozzeria costituita da un telaio e da lamiera in acciaio inox AISI 304, spessore 20/10, verniciato nel colore RAL standard scelto. L'adozione integrale dell'acciaio inox rende la macchina maggiormente resistente agli atti vandalici, in quanto eventuali graffi alla carrozzeria non comportano un inizio di ruggine e possono essere ripresi con maggior comodo;
- doppia porta di accesso: una porta è dedicata alla sezione di emissione, l'altra ai componenti contenenti il denaro contante. Ciascuna porta è dotata di propria serratura. Le chiavi sono diverse, in modo da non consentire al personale di gestione (ricarica biglietti) e tecnico di accedere alla sezione contenente il denaro. Le porte sono realizzate anch'esse in acciaio inox AISI 304, spessore 20/10, verniciato nel colore RAL standard;
- tetto dotato di pendenza verso il retro della macchina, per fare scaricare l'acqua piovana verso il fondo e non verso l'Utente;
- montaggio dell'accettatore di banconote con leggera pendenza verso il basso, per evitare il ristagno di acqua;
- bocchetta di introduzione monete e bocchetta introduzione banconote protette da tettuccio in polycarbonato a "U" rovesciato, a maggiore protezione dalle proiezioni d'acqua piovana;
- bocchetta del "presenter" dei biglietti protetta da tettuccio in polycarbonato a "U" rovesciato, a maggiore protezione dalle proiezioni d'acqua piovana;
- holder carte senza contatto dotato di "busta" in polycarbonato con scarico dell'acqua piovana;
- interazione operativa basata su schermo LCD TFT a colori, da 10,4", con associato un doppio "set" di n. 4 tasti funzione in acciaio inox, diametro 17 mm, grado di protezione IP65, per la selezione delle operazioni ed opzioni desiderate;
- guarnizione in gomma, lungo tutto il bordo delle portiere; grondaia interna scarico acqua; tubi in polietilene di scarico acqua dalla vaschetta di resto e dallo shutter della bocchetta introduzione monete;

- feritoie di ventilazione (per aspirazione) poste nella parte inferiore e dotate di filtro e labirinto per evitare l'ingresso di acqua; feritoie di uscita poste nella parte superiore e dotate di labirinto per evitare l'ingresso di acqua; scarichi acqua dei labirinti verso il fondo;
- scaldiglia termostata per garantire il funzionamento alle basse temperature e la migliore conservazione dei supporti cartacei;
- dimensioni contenute (sia in altezza che larghezza) e adeguata superficie della base di appoggio, rispetto all'altezza, per garantire un migliore ancoraggio ed una conseguente migliore resistenza al rovesciamento.

## 22. LAVORI SUI SOTTOSERVIZI

### 22.1 TUBAZIONI, PEZZI SPECIALI E DISPOSITIVI DI CHIUSURA

La verifica e la posa in opera delle tubazioni saranno conformi al Decreto Min. Lav. Pubblici del 12/12/1985 (Norme tecniche relative alle tubazioni).

A tale scopo l'Impresa, indicherà la Ditta fornitrice delle tubazioni, la quale dovrà dare libero accesso, nella propria azienda, agli incaricati dell'Amministrazione appaltante perché questi possano verificare la rispondenza delle tubazioni alle prescrizioni di fornitura.

Prima di ordinare i materiali l'Impresa dovrà presentare alla Direzione dei Lavori le caratteristiche, eventuali illustrazioni e/o campioni dei materiali che intende fornire, inerenti i tubi, il tipo di giunzione, i pezzi speciali, le flange ed eventuali i giunti speciali insieme al materiale illustrativo, disegni e campioni.

All'esterno di ciascun tubo o pezzo speciale, in linea di massima dovranno essere apposte in modo indelebile e ben leggibili le seguenti marchiature:

- marchio del produttore;
- sigla del materiale;
- data di fabbricazione;
- diametro interno o nominale
- pressione di esercizio;
- classe di resistenza allo schiacciamento (espressa in kN/m per i materiali non normati);
- normativa di riferimento.

Tutte le forniture dovranno essere accompagnate dal documento comprovante la certificazione del "sistema di qualità" della ditta fornitrice secondo le norme UNI-EN 2900 ISO 9000 e la certificazione specifica comprovante le caratteristiche tecniche rilasciata da un Istituto terzo indipendente.

L'esecuzione della posa di tutte le tubazioni per uso fognario prevede una protezione esterna in calcestruzzo così come riportato nei disegni progettuali.

La posa in opera degli elementi deve sempre avvenire su fondazione rigida in c.a, verificata a resistere alle sollecitazioni taglienti, conseguenti a cedimenti differenziali del terreno. La fondazione é armata con rete elettrosaldata 10 cm x10 cm, di diametro minimo di 10 mm. Il rinfilanco in calcestruzzo che circonda la tubazione deve avere uno spessore variabile da 15 a 35 cm come indicato nei disegni dei particolari costruttivi.

A) Tubi in polietilene ad alta densità

I tubi e i pezzi speciali dovranno avere caratteristiche rispondenti alle norme: UNI 7611/75 - UNI 7615/75 - UNI 7612/13 - UNI 7616 - UNI PLAST 402 - Istituto Italiano dei Plastici 312 - Circolare Ministero Sanità n. 102 del 02/12/78.

Le tubazioni usate per condotte idriche in pressione dovranno rispettare le pressioni nominali richieste, non riportare abrasioni o schiacciamenti. Sulla superficie esterna dovrà essere leggibile l'indicazione della sezione e della pressione nominale e la sigla dell'istituto Italiano Plastici.

La giunzione dei tubi, dei raccordi, dei pezzi speciali e delle valvole di polietilene deve essere conforme alle corrispondenti prescrizioni del prEN 1555-5 e deve essere realizzata, a seconda dei casi, mediante:

- saldatura di testa per fusione, mediante elementi riscaldanti (termoelementi) in accordo a UNI 10520;
- saldatura per fusione, mediante raccordi elettrosaldabili in accordo a UNI 10521;

Prima della saldatura i tubi di polietilene dovranno essere perfettamente puliti con adeguate attrezzature da qualsiasi materiale estraneo che possa viziare il futuro esercizio della condotta. Sulle teste da saldare la pulizia dovrà avvenire sia all'esterno che all'interno per almeno 10 cm di lunghezza. Eventuali deformazioni o schiacciamenti delle estremità dovranno essere eliminate con tagli o corrette utilizzando le ganasce della macchina saldatrice. Le superfici da collegare con manicotto elettrico (elettrosaldabile) dovranno essere preparate esclusivamente a mezzo di apposito raschiatore meccanico per eliminare eventuali

ossidazioni della superficie del tubo. Le macchine ed attrezzature usate per il montaggio delle tubazioni in polietilene dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L.

I tubi da saldare dovranno essere appoggiati su appositi rulli di scorrimento ed essere tenuti dalla stessa attrezzatura in posizione perfettamente coassiale. Prima della saldatura, se le facce da unire non si presentano perfettamente parallele e combacianti, le estremità dovranno essere intestate con apposita attrezzatura a rotelle in maniera da rispondere a questo requisito.

Prima della saldatura le tubazioni dovranno essere perfettamente asciutte, prive di qualsiasi traccia di umidità.

Nel corso della saldatura e per tutto il tempo di raffreddamento, la zona interessata dovrà essere protetta da sole diretto, pioggia, neve, vento e polvere.

I tubi e pezzi speciali al momento della posa dovranno essere battuti leggermente con martello per verificarne l'integrità.

Se risponderà con suono metallico (cristallino) sarà considerato accettabile, se invece il suono sarà rauco verrà scartato ed allontanato dal cantiere.

#### B) Tubazioni in cemento

Tubazioni in cemento dovranno di norma avere lunghezza non inferiore a m 2,00 prefabbricate in calcestruzzo vibrocompresso a sezione circolare armata, con o senza base piana d'appoggio e bicchiere esterno, con incastro a bicchiere e guarnizione di tenuta in gomma sintetica con profilo a delta, posizionata sul giunto maschio, conforme alle norme UNI 4920, DIN 4060, prEN 681.1, atte a garantire la tenuta idraulica perfetta ed una pressione interna di esercizio non inferiore a 0,5 atmosfere.

La posa sarà preceduta dall'applicazione sull'imbocco femmina del tubo di apposito lubrificante compatibile con la gomma stessa. Le tubazioni avranno sezione interna richiesta in progetto e dovranno rispondere alle prescrizioni previste dalla normativa contenuta nel

Progetto di Norma UNI U73.04.0960, DIN 4035, UNI 8520/2, UNI 8981, D.M. 12-12-1985 e circolare Ministero LL.PP. n. 27291 del 02-03-1986 e D.M. 14-02-1992, esenti da fori passanti. La resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo non deve essere inferiore a 45 MPa (450 kg/cmq).

L'assorbimento d'acqua del calcestruzzo non dovrà superare l'8% in massa.

Le aziende produttrici dovranno allegare, durante tutto il corso della fornitura, la documentazione di fabbrica inerente i controlli dimensionali, le prove distruttive e le prove di tenuta idraulica eseguite sulla fornitura stessa. Le tubazioni dovranno essere tali da garantire il rispetto delle prescrizioni contenute nell'allegato 4 dei "criteri, metodologie e norme tecniche generali" di cui all'art. 2, lettere B), D), E), della legge 10-05-1976 n.3 19, recante norme per la tutela delle acque dell'inquinamento compreso ogni altro onere per dare la lavorazione finita a regola d'arte.

C) Tubazioni in gres ceramico per posa a spinta con tecnologia microtunneling

#### Sistemi di giunzione

Gomma elastomerica ed acciaio (giunzione V4A tipo1) oppure manicotto d'acciaio inossidabile al mobildeno (giunzione V4A tipo 2) ed anelli di tenuta incorporati sul tubo. I tubi verniciati internamente ed esternamente dovranno essere conformi alla norma UNI EN 295 parte 7 con DN/di espresso in mm, lunghezza della tubazione espressa in metri, secondo i valori tecnici indicati nel prospetto di seguito dove i simboli FN1 ed FN2 hanno il seguente significato:

- FN1 carico massimo di sicurezza per regolazione manuale, coefficiente di sicurezza 2,0 e 2,0 (dimensionamento standard)
- FN2 carico massimo di sicurezza per regolazioni automatiche, coefficiente di sicurezza 2,0 e 1,6.

Il carico di spinta di progetto è un valore espresso in kN, dichiarato dal produttore in base alla resistenza alla spinta, progettazione specifica della giunzione e dell'anello di gomma.

DN/di	Carico di spinta di progetto (rottura) F (kN)	Carico di spinta di lavoro (sicurezza)		Resistenza allo schiacciamento FN (kN/m)	Tipo di giunzione	Lunghezza effettiva(m)
		FN <sub>1</sub> (kN)	FN <sub>2</sub> (kN)			
150	672	168	210	60	V4A tipo 1	0,50 / 1,00
200	1120	280	350	80	V4A tipo 1	1,00
250	2816	704	880	100	V4A tipo 1	1,00 / 2,00
300	3200	800	1000	108	V4A tipo 1	1,00 / 2,00
400	7040	1760	2200	132	V4A tipo 1	2,00
500	8320	2080	2600	120	V4A tipo 1	2,00
600	9600	2400	3000	96	V4A tipo 2	2,00
700	9600	2400	3000	84	V4A tipo 2	2,00
800	9600	2400	3000	96	V4A tipo 2	2,00
1000	9600	2400	3000	95	V4A tipo 2	2,00

#### Caratteristiche tecnologiche

I tubi devono essere realizzati con argille adatte, verniciati internamente ed esternamente e sottoposti a cottura fino a vetrificazione. Le argille devono essere di qualità ed omogeneità tali per cui il prodotto finale sia conforme alla norma UNI EN 295 parte 7: i tubi devono essere sani ed esenti da difetti in grado di compromettere il funzionamento, quando in servizio. Difetti visibili, come per esempio punti opachi nella vernice, asperità della superficie, nonché minori danneggiamenti superficiali sono accettabili a condizione che la durata e i requisiti di posa a spinta, e le caratteristiche idrauliche dei pozzetti d'ispezione siano invariate. I tubi sono classificati come rigidi. I tubi possono essere sottoposti a trattamento superficiale dopo la cottura. Le tubazioni dovranno assicurare una tenuta idraulica pari a 0,5 bar.



A corredo degli elaborati grafici deve essere eseguita una indagine geognostica dei terreni in situ del sottosuolo per l'ottimo svolgimento dell'operazione di perforazione con la tecnica del microtunnelling.

#### Certificati di collaudo

Le singole forniture, suddivise in lotti, dovranno essere accompagnate da un certificato di collaudo che deve essere richiesto al Fabbrikante dall'Impresa esecutrice. Il documento deve attestare la conformità della fornitura alla normativa di prodotto UNI EN 295.

Se il capitolato d'appalto richiede l'esecuzione del collaudo in stabilimento, le prove previste dalle norme UNI EN 295 devono essere eseguite presso i laboratori dello stabilimento di produzione alla presenza della Direzione Lavori, della Committente o da persona da loro delegata.

Nel caso in cui il collaudo avvenga senza la presenza della Direzione Lavori o della Committente, le prove devono avvenire sotto la responsabilità del Fabbrikante, il quale provvederà ad eseguire i test ed a compilare il certificato richiesto.

#### D) Dispositivi di chiusura, caditoie e griglie

I dispositivi di chiusura, le caditoie, e le griglie di qualsiasi dimensione e classe di carrabilità per zone di circolazione utilizzate da pedoni e da veicoli, dovranno essere forniti e posti in opera in ghisa affinata di tipo tradizionale pesante oppure in ghisa sferoidale GJS 5 00/7 - UNI 4554-ISO 1083 da azienda certificata ISO 9001, in conformità delle prescrizioni della norma UNI EN 124 e successive modifiche ed integrazioni.

Nel caso di utilizzazione di ghisa sferoidale su sede carrabile, il telaio dovrà avere altezza minima del collare di cm. 20 e/o zanche di ancoraggio all'armatura del manufatto del collare in cemento armato della camera di manovra.

In particolare, ai sensi della citata norma UNI EN 124, tutti i coperchi, le griglie e telai devono riportare:

- La marcatura EN 124

- La classe appropriata di carrabilità (es. D 400) o le classi appropriate per i telai utilizzati per diverse classi (es. D 400 - E 600)
- Il nome e/o il marchio di identificazione del fabbricante e il luogo di fabbricazione che può essere in codice
- Il marchio di un ente di certificazione ufficialmente riconosciuto.

Le marcature devono essere riportate in maniera chiara e durevole e devono essere possibilmente visibili quando l'unità è installata.

#### E) Caditoie stradali e pozzetti

Le caditoie stradali sono dispositivi opportunamente sagomate che raccolgono le acque defluenti nelle cunette poste ai lati delle strade o ai bordi di bordi di superfici scolanti. Le caditoie sono costituite da un pozzetto di raccolta interrato ispezionale e mantenibile con un dispositivo di coronamento (griglia) o di chiusura (chiusino). I pozzetti di raccolta delle acque sono costruiti in opera o sono prefabbricati. I pozzetti in opera possono essere realizzati in muratura o con un conglomerato cementizio; le dimensioni e le caratteristiche dei materiali dovranno essere conformi agli elaborati progettuali o alle indicazioni impartite dalla Direzione dei Lavori.

I pozzetti in c.a.v. devono essere in conglomerato cementizio vibrato ed avere le seguenti caratteristiche:

- Rck 350 Kg/cm<sup>2</sup>
- armatura con rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiori a 6.5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni. Le griglie ed i chiusini vengono impiegati a protezione di pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione, il passo d'uomo deve avere diametro superiore a 600 mm.

Griglie e chiusini con i rispettivi telai di appoggio devono riportare una marcatura leggibile e durevole, indicante la norma di riferimento, la classe corrispondente, la sigla e/o il nome del fabbricante.

## 22.2 ELEMENTI PREFABBRICATI AUTOPORTANTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO PER FOGNE OVOIDALI TIPO VII-VIII-IX

L'esecuzione dei manufatti fognari mediante elementi in conglomerato cementizio, prefabbricati ed autoportanti, senza rinfilanco per fogne ovoidali tipo VII - VIII - IX, è consentita alle seguenti condizioni:

La posa in opera degli elementi può avvenire solo con scavo a sezione obbligata a pareti verticali della larghezza minima pari a quella del manufatto più cm 20-30 per parte, per consentire un riempimento completo del manufatto stesso.

La natura del terreno circostante lo scavo deve essere di natura idonea e medio impatto, a "facies" naturale e non di riporto recente; l'impiego dei manufatti non rinfrancati deve essere assolutamente evitato in terreni eterogenei, argillosi, limo-argillosi, fortemente spingenti e suscettibili all'acqua, specie se in presenza di acqua di falda.

La posa in opera degli elementi deve sempre avvenire su fondazione rigida in ca., verificata a resistere alle sollecitazioni taglienti, conseguenti a cedimenti differenziali del terreno.

Gli spessori minimi dei manufatti dovranno corrispondere a quelli della tabella appresso riportata, e comunque non scendere mai al di sotto di 1/10 dell'altezza interna massima dello speco.

Tra un elemento e l'altro, conformati alle estremità con giunti a bicchiere tronco-conici, va inserito un anello in gomma NEOPRENE, a sezione circolare, che al contatto tra la superficie dei giunti deve risultare schiacciato dalla pressione dei lembi terminali del bicchiere, a perfetta tenuta, onde evitare rifluimento di liquami dall'interno all'esterno e viceversa.

Il giunto tra due elementi deve essere sigillato dall'interno, con una fascia di cm 10 minimo in asse al giunto, con mastice, in resina epossidica.

Il riempimento dovrà essere effettuato, a strati di cm 50, con pozzolana grezza, o misto granulare di cava, o sabbia, (materiali di tipo AASHO A/1 – A/2- A/3), con costipamento a rifiuto completo fino all'imposta dell'arco e completamente del rinterro nella zona di calotta. Particolarmente curato dovrà essere il riempimento nella zona di cenetta, onde evitare vuoti pericolosi per la stabilità.

E' vietato nel riempimento di tale zona l'uso di materiali eterogenei, argillosi, limo argillosi, o con elementi di spessore superiore a cm 4; si dovrà procedere ad assestamento a mano, senza riconoscimento alcuno per l'impresa..

E' fatto assoluto divieto mettere in opera gli elementi autoportanti nei casi in cui lungo l'asse della fogna venga eseguito uno sbancamento totale o parziale o se le pareti di scavo siano conformate a scarpa e non verticali.

In tali casi deve essere adottato il sistema tradizionale con getto del manufatto in opera, secondo gli spessori disposti dalla D.L. e compensati con i relativi prezzi di Capitolato e non con quelli dell'elemento autoportante.

In corrispondenza dei pozzetti di discesa in asse fogna, prima di eseguire il pozzetto, dovrà essere gettata una soletta in c.a. in corrispondenza dell'apertura nel manufatto all'uopo predisposta, con armatura a mensola con vincolo sul piedritto e con carico pari al peso proprio del tombino più un carico accidentale di almeno 6 tonnellate concentrato sul chiusino.

il relativo calcolo di stabilità deve essere preventivamente approvato dalla D.L. Il getto della struttura predetta, verrà compensata a parte con i prezzi di Capitolato.

#### A) Requisiti di accettazione dei materiali

Conglomerato cementizio vibrocentrifugato con cemento tipo 525 ad alta resistenza della classe Rbk 400 Kg/cm<sup>2</sup>.

Assoluta impermeabilità' di ogni manufatto, ottenuta con adeguata granulometria degli inerti e dosaggio di cemento superiore a q.li 3 per mc d'impasto.

Rapporto acqua/cemento - 0.4.

Gli elementi devono avere aspetto uniforme, senza danneggiamenti, o punti che possano pregiudicare la resistenza e l'impermeabilità.

Le estremità dei tubi debbono presentarsi a spigoli vivi.

Ogni elemento deve avere una base di appoggio orizzontale delle dimensioni riportate nella tabella seguente.

Ogni elemento, alla prova di compressione in chiave deve resistere ai valori minimi riportati nella tabella seguente. La cunetta per acque di magra deve essere rivestita a 120 gradi con resine epossidiche, o con piastrelle in gres (all'uopo il fondello deve essere alloggiato nell'apposita scanalatura).

I predetti rivestimenti verranno compensati a parte con i prezzi di Capitolato.

L'elastomero delle guarnizioni deve essere garantito all'invecchiamento per almeno 10 anni e di accertata stabilità agli agenti chimici.

#### B) Caratteristiche

Resistenza minima di rottura a trazione: 8 N/mm<sup>2</sup>;

Durezza: 35-55 SHORE-A;

Allungamento minimo a rottura: 450%.

#### C) Prove su materiali

##### PROVA DI COMPRESSIONE AL VERTICE

Viene eseguita sul tubo intero, immerso nell'acqua per 24 ore.

Il pezzo deve essere posto su un basamento.

La forza deve essere centrata a mezzo di coltello rigido.

L'incremento della forza deve essere continuo con velocità pari a 500 N/s

#### VERIFICA DI IMPERMEABILITA'

Il tubo chiuso ermeticamente agli estremi, viene riempito d'acqua per 24 ore (mantenendo umide anche le superfici esterne).

La prova viene effettuata con una pressione interna di 0.5 bar (5 m di colonna d'acqua) ed inizia 5 minuti dopo aver applicato la predetta sovrappressione.

La durata della prova è di 15 mm. e in tale tempo si misura l'acqua somministrata.

Conta il valore medio delle prove, mentre i valori singoli possono superare il 30% del volume della precedente tabella.

## 23. SCAVI ARCHEOLOGI

Qualora l'Ente preposto alla sorveglianza del patrimonio archeologico nazionale, dovesse richiedere nel corso dei lavori di scavo o precedentemente all'esecuzione degli stessi, interventi di accertamento o di evidenziazione di reperti archeologici nelle aree di intervento, l'Impresa dovrà soggiacere alle richieste formulate dai sovrintendenti ministeriali o da incaricati dagli stessi, allestendo con personale idoneo specifici cantieri di lavoro gestiti dai funzionari preposti.

Tutti gli eventuali materiali rinvenuti dovranno essere raccolti, puliti, catalogati e conservati in appositi luoghi inaccessibili ad altri e, se richiesto, sorvegliati, con compenso stabilito per il personale impegnato alla sorveglianza con le tariffe di mano d'opera vigenti

### 23.1 ALLESTIMENTO DEL CANTIERE E MISURE DI SICUREZZA

Premesso che nell'elaborato "Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza" sono indicati tutti i riferimenti normativi per la redazione dei P.O.S. e per il calcolo dell'incidenza dei costi per la sicurezza per cui, come è noto, non si potrà effettuare alcun ribasso in sede di gara, nel presente paragrafo verranno esplicitate alcune raccomandazioni di tipo generale che vanno intese come prestazioni minime del Sistema sicurezza.

Al fine di identificare nel modo più chiaro l'area dei lavori sarà necessario recintare i cantieri lungo tutto il loro perimetro. La recinzione impedisce l'accesso agli estranei e segnala in modo inequivocabile la zona dei lavori. Dovrà essere di aspetto decoroso, non in contrasto con il Regolamento Edilizio Comunale vigente, realizzata con materiali non trasparenti, robusti e duraturi, corredate da richiami di divieto e pericolo. Gli angoli sporgenti della recinzione o di altre strutture di cantiere dovranno essere dipinte per tutta la loro altezza a strisce bianche e rosse trasversali in modo da essere immediatamente visibili.

Sarà, a discrezione della Committente, possibile utilizzare le superfici della recinzione per l'affissione di pubblicità e/o di cartelli con rendering fotografici, specie in centro storico, per minimizzare l'impatto estetico.

Quando sia previsto, il passaggio o lo stazionamento di terzi in prossimità di zone di lavoro elevate di pertinenza al cantiere, si dovranno adottare misure per impedire che la caduta accidentale di oggetti e materiali costituisca pericolo. Recinzioni, sbarramenti, protezioni, segnalazioni e avvisi dovranno essere mantenuti in buone condizioni e resi ben visibili.

Nelle ore notturne si dovrà provvedere a segnalare l'ingombro della recinzione e di tutte le parti sporgenti con luce rossa alimentata a bassa tensione.

Per potere realizzare il tracciato dei binari sarà necessario allestire diversi cantieri (almeno tre o quattro contemporanei ma non limitrofi), che interesseranno parti diverse della città. Il tracciato è posto quasi sempre centralmente alle arterie interessate nel primo tratto e lateralmente nel centro storico, pertanto, la recinzione del cantiere perimetrerà, ove non sia possibile includere una strabella per la movimentazione dei mezzi, solo l'area strettamente necessaria ai lavori, per una larghezza prevista rispettivamente di circa 9 metri (tratti a doppia via) e di circa 5 metri (tratti a singola via) ed una lunghezza variabile (intorno ai 250 metri e non meno di 108 metri) per potersi adattare alle diverse esigenze di traffico, o di particolare conformazione dell'area, che di volta in volta dovessero presentarsi.

Si avrà cura di non interrompere mai completamente i più importanti nodi di traffico, organizzando le fasi lavorative in modo da consentire l'alternarsi del traffico sulle corsie. Per intralciare il meno possibile la circolazione parallela al cantiere, la posa in opera delle rotaie, che avverrà all'interno della recinzione, non sarà mai simultanea, ma si avrà cura di completare una linea per volta, comprese tutte le opere di finitura. Gli accessi ai cantieri saranno sempre ortogonali al tracciato, le aree di deposito, i baraccamenti e tutte le attrezzature necessarie allo svolgimento dei lavori saranno poste all'inizio di ogni perimetrazione.



Le operazioni di scavo dovranno essere eseguite con le opportune modalità in base alle caratteristiche meccaniche dei terreni, e qualora ci si trovasse in prossimità della recinzione andranno previste a protezione strutture di sostegno atte ad evitare distacchi di materiale e il conseguente innesco di fenomeni di cedimento e franamento.

Particolare cura dovrà essere prestata per puntellare le pareti laterali degli scavi, soprattutto nei tratti di maggiore profondità e garantire l'incolumità dei lavoratori in corso d'opera. Durante la fase di scavo il personale non direttamente interessato allo scavo dovrà sostare al di fuori del campo di azione delle macchine operatrici.

Deve sempre essere evitato il passaggio o lo stazionamento delle macchine al bordo dello scavo, né costituire dei depositi di materiale lungo il bordo dello scavo. L'operaio addetto a tale operazione dovrà posizionarsi al sicuro da rotolamenti di blocchi lungo il braccio dell'escavatore, in posizione tale da essere direttamente visibile dall'operatore del mezzo stesso.

Per tutto il periodo in cui dentro lo scavo si trovino dei lavoratori occorre che questi siano sempre assistiti da un caposquadra posizionato all'esterno dello scavo.

Ove possibile, e dove ciò non comporti problemi di stabilità al fronte di scavo, dovrà essere bagnato il materiale che con l'utilizzo dell'escavatore possa provocare polverosità eccessiva. Di rilevante importanza risulta essere che lo scavo sia aperto solo per il tempo strettamente necessario.

L'attraversamento delle trincee per l'esecuzione dell'armamento dovrà essere realizzato mediante passerelle larghe almeno cm. 80, se destinate al passaggio pedonale.

Le passerelle destinate al trasporto del materiale dovranno avere larghezza almeno di cm. 150. Dette passerelle dovranno essere munite sui due lati di parapetto con fasce fermapiede. Il ciglio dello scavo dovrà essere adeguatamente protetto con tavola fermapiede. Tutto il personale dovrà essere munito dei mezzi di protezione individuale forniti dall'impresa custoditi e mantenuti in efficienza dal consegnatario.

Tutti i mezzi meccanici che opereranno lungo i cantieri mobili dovranno essere muniti di marmitta catalitica sullo scarico dei gas, nonché dotati di impianto di illuminazione e segnalazione acustica da intermittenza, nel caso di retromarcia, oltre che di luce gialla a rotazione sulla cabina o tettuccio del mezzo.

Si eviterà l'apertura degli scavi quando le condizioni meteorologiche si presenteranno particolarmente sfavorevoli. È previsto, per poter eseguire correttamente l'armamento, lo svellimento della pavimentazione esistente, per la costruzione delle banchine di fermata, nonché la demolizione e la ricostruzione dei cordoli, delle protezioni della sede viaria e di marciapiedi antistanti i fabbricati, ivi compresi tutti gli elementi di arredo urbano.

Saranno altresì realizzati scavi di sbancamento a sezione per la realizzazione della sede tranviaria e per la posa di tubazioni cunicoli e cavidotti. Ove necessario, sarà predisposto lo spostamento di condotte di servizio, acquedotti, fognature, gas, linee elettriche e telefoniche. Per i suddetti lavori, oltre ad attenersi alle direttive date dagli Enti preposti, allo scopo di ridurre al minimo la sospensione del servizio erogato, saranno previsti i necessari accorgimenti per evitare ogni tipo di infortunio in corso d'opera.

Per l'esecuzione di tutte le attività operative da effettuarsi in presenza del traffico è obbligatorio procedere preventivamente alla parzializzazione del traffico secondo gli schemi segnaletici emanati dal Ministero dei LL.PP. con circolare n° 2900/84 o di altri schemi segnaletici comunque approvati da tale Ministero. Tutti gli operatori addetti alla realizzazione dei cantieri sulla sede stradale, devono obbligatoriamente indossare idonei indumenti di lavoro che siano conformi a quanto prescritto dal Nuovo Codice della Strada e dal suo regolamento di attuazione (art. 37), nonché alle tipologie prospettate dal D.M. 9/6/95 - Disciplinare Tecnico sulle Prescrizioni relative ad indumenti e dispositivi autonomi per rendere visibile a distanza il personale impiegato su strada in condizioni di scarsa visibilità.

Infine, tutto il personale delle imprese, tutti coloro che operano in prossimità della delimitazione del cantiere o che comunque sono esposti al traffico dei veicoli nello

svolgimento della attività lavorativa, devono essere visibili sia di giorno che di notte e dovranno, pertanto, indossare gli indumenti di lavoro, le bretelle fluorescenti e rifrangenti.

L'impresa sarà responsabile dell'operato del personale di sorveglianza, che per l'eventuale necessità dovrà comunicare con la Direzione Lavori.

Quanto citato nel presente paragrafo costituirà un requisito minimo del "Piano di sicurezza e coordinamento", che verrà ai sensi del D.L. 14 Agosto 1996, n° 494/96 e successive modifiche ed integrazioni e che prescrive le misure da adottare per la tutela e la sicurezza dei lavoratori.