

# COMUNE DI CORREGGIO

corso Mazzini, 33 - 42015, Correggio(RE)  
SERVIZIO INTERVENTI SUL TERRITORIO E SUL PATRIMONIO

REALIZZAZIONE  
DELLA  
DORSALE PRINCIPALE  
DELLA  
RETE DI TELERISCALDAMENTO  
A SERVIZIO DELLA CITTA'

\* \* \*

## APPALTO SCAVI, RIPRISTINI E POSA MATERIALI

\* \* \*

Primo e Secondo Lotto  
**PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO**

ELABORATO

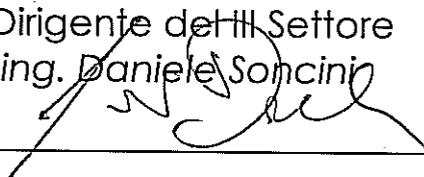
9

## CAPITOLATO TECNICO

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

**COMUNE DI CORREGGIO**

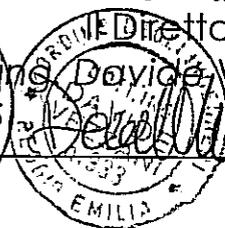
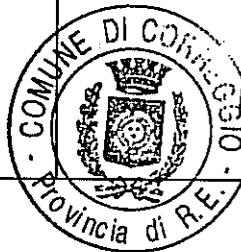
Il Dirigente del III Settore  
ing. Daniele Soncini



PROGETTAZIONE

**EN.COR** SRL  
Energia Correggio

Il Direttore  
ing. Davide Vezzani



Luglio 2010

## INDICE

<b>RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE.....</b>	<b>5</b>
0. SINTESI.....	6
1. CARATTERISTICHE DI PROGETTO.....	6
2. REQUISITI DI QUALITA'.....	6
3. NORMATIVA E DEFINIZIONI.....	7
3.1. Normativa di riferimento.....	7
3.2. Definizioni.....	7
4. TUBAZIONI DI SERVIZIO.....	7
4.1. Caratteristiche Costruttive.....	7
4.2. Dimensioni.....	8
4.3. Finitura delle superfici.....	8
5. SCHIUMA POLIURETANICA.....	9
5.1. Caratteristiche chimico - fisiche.....	9
5.2. Caratteristiche Meccaniche.....	10
6. GUAINA DI PROTEZIONE.....	10
6.1. Caratteristiche del materiale.....	10
6.2. Dimensioni.....	11
7. TUBAZIONE PRECOIBENTATA FINITA.....	11
8. PEZZI SPECIALI.....	12
9. COIBENTAZIONE DEI GIUNTI.....	14
10. VALVOLE.....	15
10.1. Caratteristiche costruttive generali.....	15
10.2. Valvole a sfera.....	15
10.3. Precoibentazione.....	17
11. SISTEMA DI RILEVAMENTO E LOCALIZZAZIONE GUASTI.....	17
12. SISTEMA DI POSA-COMPENSAZIONE DELLE DILATAZIONI.....	18
12.1. Compensazione naturale.....	18
12.2. Pretensionamento termico con compensatori monouso.....	18
13. PROVE E COLLAUDI.....	19
14. PROGETTAZIONE.....	19
15. DOCUMENTI DA FORNIRE IN SEDE D'OFFERTA.....	20
16. POSA TUBAZIONI.....	20
17. NORME PER L'ESECUZIONE ED IL CONTROLLO DELLE SALDATURE IN OPERA.....	22
18. QUALIFICA DEI PROCEDIMENTI E DEI SALDATORI.....	22
19. MATERIALI DI APPORTO.....	23
20. PREPARAZIONE DEI LEMBI.....	23
21. ALLINEAMENTO.....	23
22. CONDIZIONI METERELOGICHE.....	24
23. PRERISCALDO.....	24
24. CONTROLLI.....	24
25. COLLEGAMENTO DEI FILI DEL SISTEMA D'ALLARME.....	25
26. QUALIFICA DEGLI INSTALLATORI.....	25
<b>LAVORI STRADALI.....</b>	<b>26</b>
1. MODALITA' DI ESECUZIONE.....	27
1.1. Forme, principali dimensioni e variazioni delle opere progettate.....	27
1.2. Osservanza di leggi, regolamenti e norme in materia di appalto.....	27
1.3. Provvista ed accettazione dei materiali.....	27

1.4. Standard di qualità di apparecchiature e materiali impiantistici	27
1.5. Ordine da tenersi nell'andamento dei lavori	28
1.6. Rinvenimenti e proprietà dei materiali	29
1.7. Attività rumorose	29
2. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI.....	30
2.1. Opere stradali	30
2.2. Segnaletica orizzontale	34
3. SPECIFICHE TECNICHE DEI MATERIALI.....	34
3.1. Ghiaia, pietrisco e sabbia	34
3.2. Terreni per soprastrutture in materiali stabilizzati	36
3.3. Detrito di cava o tout venant di cava o di frantoio	38
3.4. Cubetti di pietra	38
3.5. Bitumi	38
3.6. Bitumi liquidi	39
3.7. Emulsioni bituminose	39
3.8. Catrami	39
3.9. Polvere asfaltica	39
3.10. Oli minerali	39
3.11. Tubi perforati per drenaggi	40
3.12. Tubazioni per lo scarico delle acque di superficie dai rilevati	40
3.13. Materiali di gres	40
3.14. Tubazioni di calcestruzzo di cemento normale - tubazioni monolitiche	42
3.15. Tubi in calcestruzzo di cemento armato centrifugato tipo normale	43
3.16. Opere e strutture di calcestruzzo	44
4. SPECIFICHE TECNICHE DELLE LAVORAZIONI.....	45
4.1. Scavi e rilevati in genere	45
4.2. Rilevati compattati	48
4.3. Acquedotti e tombini tubolari	49
4.4. Manufatti tubolari in lamiera zincata	49
4.5. Stratificazione di asfalto colato	52
4.6. Drenaggi e fognature	52
4.7. Lastricati, pavimenti in blocchetti di porfido lastricati	53
4.8. Pavimenti in cubetti di porfido	53
4.9. Pavimentazioni diverse	54
4.10. Acciottolati e selciati	55
4.11. Paracarri, indicatori chilometrici, termini di confine in pietra e barriere in c. a. ed in acciaio	55
4.12. Segnaletica	56
4.13. Seminagioni e piantagioni	56
5. NORME GENERALI PER IL COLLOCAMENTO IN OPERA.....	57
5.1. Tubazioni per drenaggi e per lo scarico di acque	57
5.2. Preparazione del sottofondo della carreggiata	58
5.3. Costipamento del terreno in sito	58
5.4. Modificazione della umidità in sito	59
5.5. Rivestimento e cigliature con zolle e seminagioni	60
5.6. Fondazioni della massicciata	60
5.7. Fondazione della massicciata in pietrame e ciottolami	61
5.8. Opere in terra stabilizzata con calce	61
5.9. Costruzione del rilevato	67
5.10. Fondazione di massicciata in ghiaia o pietrisco e sabbia	68
5.11. Massicciata	69
5.12. Cilindratura delle massicciate	70
5.13. Massicciata a macadam ordinario	73
5.14. Massicciata per il supporto di rivestimenti di notevole spessore	73
5.15. Massicciata in misto granulometrico a stabilizzazione meccanica	74
5.16. Strati di fondazione in misto granulare stabilizzato	75
5.17. Strati di base in misto granulare stabilizzato	78
5.18. Formazione di strati di fondazione in misto cementato	79
5.19. Formazione di strati in conglomerato bituminoso a caldo tradizionale con e senza riciclato	87
5.20. Formazione di manti di usura speciali	104
6. ALTRE SPECIFICHE TECNICHE E NORME GENERALI DI COLLOCAMENTO IN OPERA DI LAVORAZIONI EVENTUALMENTE UTILIZZABILI NELLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI .....	119

6.1. Norme per la costipazione di sovrastrutture in terra stabilizzata con legante bituminoso	119
6.2. Preparazione della superficie delle massicciate cilindrate da sottoporre a trattamenti superficiali o semipenetrazioni o a penetrazioni	122
6.3. Eventuali delimitazione e protezione dei margini dei trattamenti bituminosi	122
6.4. Trattamenti superficiali ancorati eseguiti con emulsioni bituminose	123
6.5. Trattamenti superficiali ancorati eseguiti con una prima mano di emulsione bituminosa a freddo e la seconda con bitume a caldo	125
6.6. Trattamento superficiale con bitume caldo	127
6.7. Trattamenti superficiali a semipenetrazione con catrame	128
6.8. Trattamenti superficiali a freddo con polvere di roccia asfaltica e miscela preventiva polverulenta per applicazioni su nuove massicciate	129
6.9. Trattamenti superficiali in polvere di roccia asfaltica ad elementi separati, applicati su precedenti trattamenti bituminosi	132
6.10. Trattamento superficiale con miscela fluida di polvere di roccia asfaltica	134
6.11. Massicciata a macadam bituminoso mescolato in posto	134
6.12. Ricostruzione di vecchie massicciate previa scarificazione ed aggiunta di materiali granulometricamente assortiti secondo il "retread process" con miscela di leganti bituminosi	135
6.13. Trattamento a semipenetrazione con due mani di bitume a caldo	136
6.14. Trattamento a penetrazione con bitume a caldo	137
6.15. Rinforzi di zone particolari mediante conglomerati bituminosi con pietrischetti ed emulsioni a freddo e manti con tappeti di pietrischetto e graniglia bitumati a caldo	139
6.16. Manti eseguiti mediante conglomerati bituminosi semiaperti	142
6.17. Manti sottili eseguiti mediante conglomerati bituminosi chiusi	146
6.18. Opere e strutture in calcestruzzo armato	150

PARTE PRIMA

**RETI DI DISTRIBUZIONE DEL CALORE**

quanto previsto nella Norma EN 253:2008.

Le tubazioni saranno realizzate in acciaio di qualità P235GH in accordo ad EN 10217-2 o EN 10217-5, con formazione mediante saldatura a resistenza elettrica (ERW) od automatica ad arco sommerso (SAW). Il fattore di saldatura V deve essere pari a 1.

Per diametri fino a DN 300, ove non fosse possibile reperire l'acciaio P235GH, è ammesso anche l'acciaio P235TR1 o P235TR2 in accordo alle norme EN 10217-1 o EN 10217-2.

Le tubazioni saranno fornite in barre da 12 metri (6 m dove necessario) senza giunzioni intermedie.

#### 4.2. Dimensioni

I valori nominali dei diametri e gli spessori minimi delle tubazioni in acciaio dovranno corrispondere alla tabella 1 seguente estratta dalla Norma EN 253.

Diametro Nominale DN	Diametro Esterno mm	Spessore Minimo mm
20	26,9	2,0
25	33,7	2,3
32	42,4	2,6
40	48,3	2,6
50	60,3	2,9
65	76,1	2,9
80	88,9	3,2
100	114,3	3,6
125	139,7	3,6
150	168,3	4,0
200	219,1	4,5
250	273,0	5,0
300	323,9	5,6
350	355,6	5,6
400	406,4	6,3
450	457,0	6,3
500	508,0	6,3
600	610,0	7,1

#### 4.3. Finitura delle superfici

Prima che venga applicato l'isolamento, la superficie esterna del tubo di acciaio opportunamente trattato per aumentare la coesione tra acciaio e schiuma di poliuretano dovrà presentarsi in condizioni identificabili con il tipo A, B e C della Nor-

ma ISO 8501-1. La superficie sulla quale verrà applicato l'isolamento dovrà essere pulita da olio, grasso, pittura, sporcizia ed altri residui eventualmente presenti.

Le superfici interne dei tubi dovranno risultare pulite ed esenti da depositi o scaglie di ossido.

Le aperture dovranno essere tappate con materiale non metallico, preferibilmente con tappi in plastica.

## 5. SCHIUMA POLIURETANICA

### 5.1. Caratteristiche chimico - fisiche

La tubazione di servizio sarà preisolata con schiuma rigida di poliuretano prodotta da reazione chimica tra isocianato e poliolo. L'agente schiumogeno sarà privo di CFC e costituito da una miscela di ciclopentano.

E' proibito l'utilizzo di altri gas schiumogeni, come la CO<sub>2</sub>, in quanto ciò causerebbe un deciso decadimento del coefficiente di isolamento già durante i primi anni di esercizio delle tubazioni.

In fase di offerta, il fornitore dovrà presentare un certificato relativo alle prove eseguite da un ente riconosciuto, attestante le modalità di calcolo ed il valore del coefficiente di conducibilità termica (misurato a 50°C) della schiuma non invecchiata. Tale certificato dovrà inoltre riportare l'analisi chimica del gas contenuto nelle celle del PUR.

Inoltre si dovranno indicare le procedure adottate in fase di produzione per assicurare la rispondenza della schiuma al valore riportato sul certificato.

Sempre in fase di offerta, si dovranno anche fornire informazioni riguardanti i più importanti parametri chimico-fisici della schiuma poliuretanic, come la composizione del gas schiumogeno, la pressione del gas all'interno delle celle, la densità della schiuma, etc.

La schiuma dovrà avere le seguenti caratteristiche chimico-fisiche, misurate in conformità alle applicabili norme ISO:

- coefficiente di conducibilità termica ( $\lambda$ ) a 50°C della schiuma non invecchiata:
  - i) tubazioni fino a DN 200 (incluso) ≤ 0.024 W/m K;
  - ii) tubazioni da DN 250 ≤ 0.026 W/m K;

- densità minima  $\geq 60 \text{ Kg/m}^3$ ;
- percentuale di cellule chiuse (ISO 4590)  $\geq 88 \%$ ;
- assorbimento di acqua a  $100^\circ\text{C}$  dopo 90 min.  $\leq 10 \%$  volume;
- temperatura continua di funzionam. per min. 30 anni di esercizio  $\geq 140^\circ\text{C}$ ;

### 5.2. Caratteristiche Meccaniche

Le caratteristiche meccaniche del materiale isolante non saranno inferiori a quelle riportate nella Norma EN 253 al paragrafo 4.4.

L'adesione del materiale alla tubazione d'acciaio dovrà essere maggiore ed uguale ai valori di resistenza al taglio del poliuretano.

## 6. GUAINA DI PROTEZIONE

L'isolamento termico sarà protetto da una guaina esterna in polietilene ad alta densità, in accordo alla Norma EN 253-2008.

### 6.1. Caratteristiche del materiale

Il polietilene conterrà antiossidanti, stabilizzatori UV e pigmenti nelle quantità strettamente necessarie per la fabbricazione e l'uso del materiale, ed avrà buone caratteristiche di resistenza chimica agli acidi, alle basi ed ai solventi.

Le caratteristiche del materiale, misurate in accordo alle applicabili norme ISO e DIN sono riportate qui di seguito:

- tipologia PEHD bimodale (min. PE 80 – ISO 12162);
- densità (ISO/R 1183 - ISO/DIS 1872)  $\geq 950 \text{ Kg/m}^3$ ;
- allungamento a rottura (ISO/DIS 6259)  $\geq 350 \%$ ;
- carico di snervamento (ISO 6259)  $\geq 19 \text{ N/mm}^2$ ;
- resistenza a trazione (EN 253 p. 5.2.6) 4 MPa per 1500 h a  $80^\circ\text{C}$ .

Le caratteristiche meccaniche, la capacità di protezione dell'isolante e l'impermeabilità all'acqua dovranno mantenersi anche dopo lunghi periodi di stoccaggio del materiale esposto alle intemperie (ISO 4607).

Le caratteristiche di resistenza alla propagazione delle fratture devono essere in accordo ai requisiti previsti da EN 253:2003.

L'indice di rammollimento (Melt Flow Rate) sarà indicato dal fornitore in ac-

cordo con ISO 1133 - condiz. 18 e dovrà consentire adatte caratteristiche di saldabilità. Le sue variazioni dovranno essere inferiori a 0,5 g/10 min.

L'aderenza tra guaina ed isolante sarà tale da impedire ogni movimento reciproco; la superficie interna della guaina di protezione dovrà pertanto essere sottoposta ad un adeguato processo di corrugamento. La tecnologia adottata per ottenere il corrugamento dovrà essere descritta in offerta.

La guaina dovrà potersi adattare senza rotture ai piccoli movimenti del terreno e dovrà sopportare senza deformazioni permanenti e senza danni per il materiale isolante le pressioni esercitate dal terreno e gli attriti tra terreno e tubazione durante i transitori di riscaldamento e raffreddamento.

## 6.2. Dimensioni

Le dimensioni saranno in accordo con la tabella sotto riportata:

Diametro Esterno <i>mm</i>	Spessore minimo <i>mm</i>
75	3,0
90	3,0
110	3,0
125	3,0
140	3,0
160	3,0
200	3,2
225	3,5
250	3,6
315	4,1
355	4,5
400	4,8
450	5,2
500	5,6
520	5,7
560	6,0
630	6,6
710	7,2
800	7,9

La tolleranza sulle dimensioni dei diametri esterni e degli spessori devono essere conformi alla Norma ISO/DIS 3607.

## 7. TUBAZIONE PRECOIBENTATA FINITA

Il tubo di servizio isolante e la guaina devono essere fra loro aderenti e bloccate, affinché non si verifichi scorrimento relativo in nessun punto (esecuzione Bonded).

Le estremità della tubazione dovranno essere prive di isolamento (per una lunghezza compresa tra 150 e 250 mm) e dovranno essere predisposte per la saldatura di testa in accordo alla Norma ISO 6761.

Il tubo esterno in polietilene non dovrà subire, a seguito del processo produttivo, un aumento di diametro superiore al 2% del diametro esterno originale.

Il disassamento tra i centri del tubo di servizio e del tubo esterno in polietilene dovrà essere inferiore ai seguenti valori:

- per tubo esterno di diametro 75 - 160 mm      3,0 mm;
- per tubo esterno di diametro 200 - 400 mm      4,5 mm;
- per tubo esterno di diametro 450 - 630 mm      6,0 mm.

La resistenza a taglio tra tubo di servizio e tubo esterno (prima e dopo invecchiamento) dovrà essere:

- in direzione tangenziale       $\geq 0,20$  MPa;
- in direzione assiale       $\geq 0,12$  MPa.

La resistenza all'urto (resilienza) dovrà essere conforme a quanto prescritto dalle Norme ISO 3127 (a  $-20^{\circ}$ ).

La marcatura della tubazione precoibentata finita sarà riportata sulla tubazione esterna di polietilene in modo tale da non comprometterne le caratteristiche funzionali, tale da non essere cancellata dalle normali operazioni di stoccaggio, movimento e posa.

I dati da riportare sono quelli indicati nelle Norme EN 253 (Marking).

La durata delle tubazioni precoibentate dovrà essere almeno di 30 anni con una temperatura continua di funzionamento di  $140^{\circ}\text{C}$ .

Lo spessore di isolamento scelto sarà quello indicato come "spessore standard" (o serie 1) sui manuali dei vari fornitori di tubazioni preisolate.

## 8. PEZZI SPECIALI

Le curve ed i pezzi speciali delle tubazioni come derivazioni, riduzioni, punti fissi saranno realizzati in accordo a quanto prescritto dalla Norma EN 448.

In particolare per quanto attiene alle dimensioni, vale quanto riportato nel paragrafo 4 della citata Norma.

La qualità dell'acciaio sarà congruente con quanto previsto per le tubazioni: P235GH o equivalente.

Le estremità delle curve e dei pezzi speciali dovranno essere idonee per essere saldate di testa alle tubazioni e pertanto devono essere in accordo con la Norma ISO 6761 e devono essere libere dall'isolamento per una lunghezza compresa tra 150 e 250 mm.

La costruzione di curve e di derivazioni potrà essere realizzata secondo una delle seguenti modalità previste dalle norme EN 448.

Le curve di qualunque DN potranno essere ottenute per piegatura a caldo o a freddo da tubi senza saldatura o da tubi saldati longitudinalmente con la saldatura giacente sulla superficie neutra di piegatura.

Le curve potranno essere fornite già precoibentate, oppure non precoibentate complete del "kit" per la realizzazione in sito della coibentazione e della protezione esterna. Questa alternativa sarà possibile solo per  $DN \leq 200$  e se verranno fornite adeguate garanzie e referenze sulla resistenza meccanica e la qualità della soluzione proposta.

Le derivazioni saranno del tipo forgiato (per derivazioni di pari diametro) o del tipo saldato con piastra di rinforzo.

Le derivazioni potranno essere fornite già precoibentate, oppure non precoibentate complete del "kit" per la realizzazione in sito della coibentazione e della protezione esterna. Questa alternativa sarà possibile solo se verranno fornite adeguate garanzie e referenze sulla resistenza meccanica e la qualità della soluzione proposta.

Le riduzioni potranno essere fornite precoibentate, oppure non precoibentate complete del "kit" per la realizzazione in sito della coibentazione e della protezione esterna. Questa alternativa sarà possibile solo per  $DN \leq 200$ , per un massimo di due salti di diametro di rivestimento e se verranno fornite adeguate garanzie e referenze sulla resistenza meccanica e la qualità della soluzione proposta.

Nelle operazioni di precoibentazione dei pezzi speciali dovranno essere rispettate le indicazioni riguardanti le modalità realizzative, le dimensioni, le tolleranze e

la marcatura esterna indicate nella Norma EN 448.

Per raggi di curvatura elevati potranno essere offerti tubi curvati in cantiere o precurvati in fabbrica.

## 9. COIBENTAZIONE DEI GIUNTI

Le caratteristiche del materiale isolante e di rivestimento necessario per eseguire, durante la posa della Rete, i ripristini dei punti di giunzione fra i vari componenti precoibentati, nonché l'esecuzione del ripristino, devono essere conformi alla Norma EN 489:2003.

I tipi di giunto offerti devono essere stati sottoposti a prove di tipo eseguite da enti di fama internazionale ed il cui certificato deve essere allegato. Le prove di tipo devono essere eseguite in accordo ai requisiti minimi previsti dalla norma EN 489:2003, ma con un numero di cicli pari almeno a 1000.

Il ripristino dovrà essere realizzato mediante uno dei metodi riportati qui di seguito. Il committente si riserva comunque la possibilità di scelta sul metodo che riterrà più idoneo.

Considerata anche la presenza di acqua di falda a livello di profondità scavo, per tubazioni di diametro superiore a partire da DN 150 l'unico procedimento ammesso sarà quello mediante elettrosaldatura.

**a)** *Elettrosaldatura* di un manicotto in polietilene ad alta densità alla guaina esterna del tubo, tramite un'idonea macchina elettrosaldatrice automatica che garantisca la completa fusione delle estremità da saldare. L'elettrosaldatrice dovrà fornire una potenza elettrica non inferiore a 10 kVA. In fase di offerta dovrà essere presentata idonea documentazione per descrivere le caratteristiche del sistema proposto ed i parametri elettrici dell'elettrosaldatrice.

**b)** *Termorestrizione* di manicotti in polietilene reticolare con legame atomico incrociato (PEX), ottenuto mediante un processo di irraggiamento elettronico, con sistema di sigillatura a duplice tenuta dei fori di schiumatura. In fase d'offerta dovrà essere presentata scheda tecnica con descrizione del sistema proposto e dei materiali utilizzati.

La schiumatura deve essere eseguita con miscele predosate, con procedure

che assicurino rispetto delle norme di sicurezza sanitaria ed ambientale.

Non saranno ammessi sistemi che prevedano il rischio di un contatto diretto dell'operatore con i due componenti di reazione (poliolio ed isocianato), a causa della miscelazione effettuata in cantiere.

Prima dell'isolamento il giunto deve essere sottoposto alla prova di tenuta a pressione.

## **10. VALVOLE**

### **10.1. Caratteristiche costruttive generali**

Le valvole dovranno poter essere montate in qualsiasi posizione.

Le valvole dovranno avere estremità a saldare di testa preparate secondo ISO 6761.

Le valvole dovranno essere idonee a sopportare gli sforzi sia di trazione che di compressione che vengono trasmessi dalla tubazione nelle condizioni estreme di mancata dilatazione.

Le valvole dovranno essere coibentate ed idonee per la posa direttamente nel terreno. Anche gli organi di tenuta sullo stelo nonché l'asta di manovra prolungata e le relative guide dovranno essere protette dall'aggressione chimico-fisica del terreno.

Lo stelo dovrà avere una lunghezza tale da fuoriuscire dalla coibentazione così da permettere la completa manovrabilità della valvola. A tal proposito la coibentazione sarà composta da uno strato di schiuma poliuretanic isolante con guaina esterna di protezione in polietilene ad alta densità.

### **10.2. Valvole a sfera**

Le valvole a sfera dovranno essere realizzate in modo da ridurre al minimo le perdite di carico.

Esse potranno essere del tipo a passaggio ridotto e saranno del tipo a sfera a otturatore flottante.

La classe di tenuta del seggio sarà secondo ISO 5208 Categoria 3 oppure DIN 3230 classe 1 oppure ANSI B16.104 classe VI. La tenuta e la manovrabilità dovranno essere garantite anche nelle condizioni di massimo carico meccanico e termi-

co.

Il materiale del corpo dovrà essere:

- ASTM A 105 od equivalente per corpi forgiati;
- ASTM A 106 GR A od equivalente (ST 37) per corpi realizzati da tubo;
- ASTM A 216 WCB o SS 14-1330 per corpi fusi.

Il materiale della sfera dovrà essere AISI 304 o SS 14-2333 od equivalente o, in alternativa, per valvole aventi dimensioni superiori a DN 200, potrà essere utilizzato acciaio o ghisa sferoidale con riporto di cromo avente spessore non inferiore a 30 micron. In quest'ultimo caso la durezza superficiale dovrà essere superiore a 60 HRC.

Le sedi di tenuta dovranno essere realizzate in PTFE caricato con grafite, vetro o fibra di carbonio le quali dovranno garantire la loro aderenza alla sfera tramite un sistema elastico.

Lo stelo dovrà essere realizzato in un solo pezzo in acciaio AISI 303 o SS 14-2324 od equivalente.

La tenuta idraulica sullo stelo non dovrà necessitare di manutenzione né di registrazione e dovrà essere composta da almeno due elementi in VITON o EDPM o PTFE caricato con grafite o fibre di vetro.

Lo stelo dovrà essere provvisto di collare dimensionato in modo tale che sia evitata la possibilità di fuoriuscita dello stelo dalla sede per effetto della pressione all'interno della valvole.

Tutti i materiali di tenuta utilizzati dovranno essere resistenti nel tempo alla temperatura di 130°C.

L'eventuale ed eccezionale operazione di sostituzione della tenuta dello stelo dovrà poter essere eseguita senza la necessità di smontaggio della valvola dalla tubazione. Eventuali perdite della tenuta non dovranno interessare l'isolamento.

Non saranno ammesse valvole con parti in ottone.

Tutte le valvole devono essere corredate di asta di prolunga, completa di indicatore di posizione e della relativa guida di contenimento di lunghezza idonea per l'azionamento manuale in superficie (massima lunghezza 2,5 m)

Fino a DN 125 compreso, la manovra delle valvole sarà effettuata per mezzo di chiavi a T. Le valvole aventi dimensione da DN 150 a DN 300 dovranno essere

corredate di riduttori di manovra di tipo fisso o smontabile e portatile a secondo delle disposizione della Committente.

### **10.3. Precoibentazione**

Le valvole dovranno essere munite di tronchetti di prolungamento di lunghezza sufficiente per evitare al momento della saldatura in opera un surriscaldamento dei materiali non metallici usati per la tenuta idraulica.

Le saldature dei tronchetti di tubo alle valvole dovranno essere eseguite in accordo alle norme EN 488.

I tronchetti ricavati da tubo con o senza saldatura longitudinale dovranno essere della stessa qualità, caratteristiche e dimensioni delle tubazioni.

Successivamente alle saldature dei tronchetti si dovrà eseguire la coibentazione delle valvole.

Nelle operazioni di precoibentazione delle valvole dovranno essere rispettate le indicazioni riguardanti le modalità realizzative, le dimensioni, le tolleranze e la marcatura esterna indicate nella Norma EN 488.

Internamente alla schiuma di PUR dovranno essere annegati i conduttori elettrici secondo le modalità previste per le tubazioni e per i pezzi speciali, cosicché il sistema di rilevamento perdite mantenga la propria efficienza e funzionalità anche in corrispondenza delle valvole.

Tutte le valvole saranno marcate sulla protezione esterna di polietilene con metodi indelebili che non intacchino l'efficacia protettiva del polietilene.

Le valvole precoibentate potranno essere complete di dispositivi di sfiato e dreno.

## **11. SISTEMA DI RILEVAMENTO E LOCALIZZAZIONE GUASTI**

Nella schiuma di PUR delle tubazioni e degli accessori preisolati descritti nella presente Specifica, saranno annegati 2 conduttori elettrici del sistema localizzazione guasti.

I conduttori saranno conformi allo standard EMS (2 fili di rame non isolato di sezione 1,5 mm<sup>2</sup> cad.) e saranno posati in modo da mantenere l'equidistanza con la tubazione di acciaio sia nei tratti preisolati che nelle giunzioni, con scostamenti

del parallelismo non superiori al 10% della distanza nominale tubo-filo.

A tale scopo si dovranno adottare, a cura del Fornitore, distanziali in plastica muniti da una parte di piede per l'appoggio al tubo in acciaio, e dall'altra parte di guida per il conduttore. Per la connessione dei conduttori nella zona di giunzione si adottano opportuni sistemi di blocco. Nel giunto dovrà essere installato un feltrino igroscopico per aumentare la sensibilità del sistema alla rilevazione della presenza di umidità.

Il rilevamento dei guasti sarà fatto da centraline che dovranno individuare sia eventuali punti di umidità nella schiuma isolante, sia rotture o corto circuiti nei conduttori di allarme.

La localizzazione dei guasti sarà attuata tramite la centralina stessa se predisposta o mediante localizzatori portatili.

La certezza dell'individuazione del punto di guasto deve essere assicurata anche nel caso di più guasti contemporanei.

## **12. SISTEMA DI POSA-COMPENSAZIONE DELLE DILATAZIONI**

La tubazione di servizio precoibentata ed interrata è soggetta a sollecitazioni di compressione e di trazione in relazione alle variazioni delle temperature di esercizio, originate dall'attrito del terreno contro il tubo.

Per la compensazione delle dilatazioni si può scegliere uno dei seguenti metodi di posa.

### **12.1. Compensazione naturale**

Con questo metodo di compensazione la tubazione viene rinterrata prima di riscaldare il sistema.

La dilatazione viene assorbita da curve a 90° o da curve ad omega o a Z posizionate lungo la rete con l'eventuale interposizione, fra sabbia di reinterro e tubazione, di materassini in schiuma poliuretanic.

### **12.2. Pretensionamento termico con compensatori monouso**

La dilatazione in fase di primo riscaldamento viene parzialmente assorbita da compensatori di tipo monouso, che vengono successivamente bloccati con sal-

data.

I giunti monouso devono essere in grado di sopportare la prova idraulica a freddo a cui viene sottoposta la Rete di distribuzione prima del riscaldamento.

Le caratteristiche meccaniche e dei materiali del giunto monouso, nella sua configurazione finale dopo la saldatura non devono essere inferiori a quelle della tubazione sulla quale è installato. Le parti terminali dovranno essere idonee per essere saldate di testa alle tubazioni e pertanto dovranno essere in accordo con la normativa ISO 6761.

Idonei dispositivi devono indicare l'avvenuta completa compressione del giunto. La coibentazione del giunto monouso sarà eseguita dopo la saldatura sul rivestimento metallico esterno.

I giunti monouso devono essere forniti dallo stesso fornitore dei tubi preisolati.

### **13. PROVE E COLLAUDI**

Il fornitore è tenuto ad eseguire, a sua completa cura e spese, tutte le prove ed i collaudi necessari per accertare la completa corrispondenza della fornitura alle prescrizioni della specifica e delle Norme EN in essa citate.

Eventuali prove specificatamente richieste dovranno essere elencate precisando anche le normative di riferimento.

Le apparecchiature di misura usate per le prove devono essere corredate dai relativi certificati di taratura.

I risultati di dette prove saranno riportati in certificati secondo quanto previsto nel Piano Controllo Qualità.

I certificati saranno emessi in accordo alla norma EN 10204 3.1 e disponibili per un controllo da parte del Committente; in essi deve essere possibile associare le misure ai componenti interessati.

La Committente si riserva la facoltà di presenziare alle prove in corso di fabbricazione senza che questo provochi alcun avere supplementare.

### **14. PROGETTAZIONE**

Il produttore delle tubazioni (non un agente e/o un rivenditore e/o una società terza) svilupperà il progetto esecutivo sulla base dei progetti di massima che verranno forniti dall'Acquirente, indicanti il tracciato ed i diametri.

Il progetto dovrà essere eseguito in accordo alla norma EN 13941.

Il produttore delle tubazioni dovrà avere eseguito, nel triennio precedente, progettazioni e forniture in accordo ad EN 13941 reti di diametri e lunghezze paragonabili a quelle della presente gara.

In fase d'offerta dovranno essere fornite adeguate referenze a riguardo.

## **15. DOCUMENTI DA FORNIRE IN SEDE D'OFFERTA**

In fase d'offerta dovranno essere presentati i seguenti documenti:

1. dichiarazione di conformità del produttore alla presente specifica emessa direttamente dal produttore delle tubazioni (non da un agente e/o rivenditore);
2. nome del fornitore ed elenco degli stabilimenti in cui verranno prodotti;
3. copia del certificato ISO 9001 e dei certificati EHP degli stabilimenti indicati nell'elenco al punto 2;
4. certificato di conducibilità schiuma PUR come richiesto al punto 6.1;
5. certificato prove di tipo muffole offerte in accordo a quanto richiesto al punto 11;
6. schede tecniche e caratteristiche sistemi di muffolatura offerti;
- 7- caratteristiche tecniche macchina elettrosaldatrice offerta, così come richiesto;
- 8- elenco referenze progetti eseguiti dal produttore in accordo alla norma EN 13941, come richiesto.

## **16. POSA TUBAZIONI**

Le tubazioni precoibentate dovranno essere posate direttamente nello scavo del terreno su letto di sabbia di fiume predisposto.

Prima di essere calati nello scavo, i tubi dovranno essere accuratamente controllati con particolare riguardo alle estremità ed al rivestimento per accertare che durante il trasporto e la movimentazione non abbiano subito danneggiamenti.

Dovrà essere controllata pure la continuità dei conduttori elettrici del sistema di ricerca perdite, ove sussista tale tipologia di tubi.

Ogni tratto di tubazione dovrà essere allineato e disposto in modo che l'asse del tubo non presenti punti di flessione, non vi siano contropendenze in corrispondenza di scarichi e/o sfiati. Si dovrà, per quanto possibile, posare le tubazioni con un'unica pendenza.

Le due tubazioni dovranno essere posate alla stessa profondità ed alla stessa distanza. Evitare nel modo più assoluto che le tubazioni, poggino su pietre o altri materiali che possano danneggiare il rivestimento esterno in PEAD, sia durante lo stoccaggio, sia durante la movimentazione e la posa.

In corrispondenza delle testate dei tubi, lo scavo dovrà essere adeguatamente allargato per consentire agli operatori tutte le operazioni in modo non difficoltoso ed in sicurezza.

Le camere così ottenute dovranno permettere l'esecuzione delle saldature e delle altre operazioni di accoppiamento, saldatura e ripristino dell'isolamento senza ricorrere alla movimentazione dei tubi e/o loro rotazione.

I cambi di direzione delle tubazioni dovranno essere ottenuti con l'inserimento di pezzi speciali, l'installazione di tubi curvi o attraverso spicchiature, seguendo le modalità e le limitazioni indicate dal costruttore delle tubazioni.

Potranno essere posati, previa autorizzazione della Committente, tratti di tubazione mediante l'ausilio di trivelle con macchine spingitubo. Per tale posa l'Appaltatore dovrà predisporre tutte le apparecchiature e il personale idoneo all'esecuzione ed ai successivi ripristini.

Dopo aver eseguito tutte le operazioni di posa e dopo aver ricoperto le tubazioni con la sabbia di fiume, dovrà essere posato sul letto di sabbia superiore un nastro plastico per la loro segnalazione.

La Committenza potrà chiedere all'Appaltatore la posa, al di sopra del letto di sabbia, di una o più polifore costituita da tre tubi in polietilene di diametro almeno 50 mm, inoltre, di singolo o doppio tubo corrugato in PE doppio strato DN 90 per le diramazioni alle utenze.

Le suddette polifore e tubazioni dovranno essere provviste di pozzetti rompitratta stagni ogni 50 m circa e ad ogni cambio di direzione.

Pozzetti adeguati dovranno essere predisposti in corrispondenza di valvole di intercettazione, sfiati/dreni e/o altri organi su richiesta della Committente.

## **17. NORME PER L'ESECUZIONE ED IL CONTROLLO DELLE SALDATURE IN OPERA**

Le tubazioni ed i pezzi speciali (curve, punti fissi, ecc.) saranno giuntati di testa mediante saldatura elettrica a due o più passate, di cui la prima dovrà essere eseguita con procedimento TIG -(Tungsten Inert Gas).

La capacità professionale di ogni saldatore dovrà essere conforme alla classe Tig 1 + Tb/Fe secondo le norme UNI 6918-6548-4633 del dicembre 1960, o di classe equivalente secondo la sezione IX del Codice ASME BPV o EN 287 part. 1 del 1993; dette qualifiche dovranno essere state emesse da istituti abilitati.

Ogni saldatore dovrà apporre il proprio numero di punzone sulle saldature. Detto numero di punzone dovrà comparire anche sulla pellicola radiografata.

## **18. QUALIFICA DEI PROCEDIMENTI E DEI SALDATORI**

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore dovrà fornire la qualifica del procedimento di saldatura secondo i criteri prescritti dalle norme EN 288-3 del 1993 ed una lista dei saldatori che intenderà utilizzare.

Il Committente per verificarne l'idoneità, richiederà una prova (a cura e spese dell'Appaltatore) in sua presenza con le attrezzature ed i materiali che dovranno essere utilizzati per il montaggio della rete.

L'Appaltatore dovrà accettare il giudizio del Committente, o di persona da esso incaricata, in merito alla qualità delle saldature.

Ai saldatori ritenuti idonei sarà rilasciata sia la dichiarazione di idoneità che il numero di punzone di riconoscimento.

La procedura precedentemente descritta dovrà essere ripetuta in caso di sostituzione dei saldatori.

Durante i lavori i saldatori che avranno eseguito numerose saldature difettose dovranno essere immediatamente sollevati dall'incarico su indicazione del Committente.

Le saldature dovranno essere rispondenti a quanto previsto dalla norma UNI 7278-74 cat. 1, raggruppamento E, punto A 4.7.

## 19. MATERIALI DI APPORTO

Per le passate di riempimento dovranno essere utilizzati elettrodi di tipo omologato (classe di resistenza E 44/52L4B) con rivestimento basico secondo UNI 5132 e 7243; il materiale d'apporto per il procedimento TIG dovrà essere di qualità corrispondente a quella del materiale base, ovvero classificato ER 70S-3 secondo AWS A5.18.

Il materiale di apporto dovrà essere conservato in luogo asciutto e mantenuto in confezioni ermeticamente sigillate sino al momento dell'uso.

Prima dell'utilizzazione gli elettrodi dovranno subire un processo di essiccazione in forno ad una temperatura di 350 -400 °C per 2 ore e successivamente saranno conservati in forno a 150 °C; gli stessi dovranno essere introdotti in fornelli portatili e mantenuti a temperatura non inferiore a 80 °C, da cui saranno prelevati per l'utilizzo.

Gli elettrodi non utilizzati al termine del turno di lavoro o che siano rimasti nel forno di mantenimento ad una temperatura minore a 80 °C, dovranno essere essiccati nuovamente prima dell'utilizzo (non è ammesso un numero di trattamenti di essiccazione maggiore di 2).

## 20. PREPARAZIONE DEI LEMBI

Le estremità dei tubi dovranno essere bisellate in accordo alle norme ISO 6761.

## 21. ALLINEAMENTO

Lo slivellamento fra i lembi non potrà superare 1,6 mm e dovrà risultare distribuito lungo tutta la superficie provvedendo, se necessario, alla rotazione delle barre da accoppiare.

## 22. CONDIZIONI METEOROLOGICHE

In caso di pioggia, neve, vento (particolarmente se con sabbia o polvere), l'Appaltatore dovrà predisporre opportune protezioni per le parti da saldare e per il saldatore, in modo da garantire una corretta esecuzione del lavoro.

Se ciò non fosse possibile non sarà permessa l'esecuzione delle saldature.

Qualora i lembi da saldare siano bagnati o coperti da brina, ghiaccio o neve si potrà procedere alla saldatura solo dopo aver asciugato il giunto con fiamma o altra sorgente di calore.

## 23. PRERISCALDO

Il preriscaldamento si effettuerà obbligatoriamente quando la temperatura ambiente sarà inferiore a + 5 °C e dovrà interessare una zona a cavallo del giunto pari ad almeno 200 mm.

La temperatura di preriscaldamento (circa 100 °C) dovrà essere mantenuta su tutto il giunto e per tutto il tempo di esecuzione della saldatura. Il riscaldamento potrà essere eseguito mediante resistenze elettriche, apparecchi ad induzione, torce da riscaldamento, bruciatori a gas, ecc.

## 24. CONTROLLI

Per accertare la qualità delle saldature saranno eseguiti controlli radiografici a cura e spese della Committenza che potrà avvalersi, per questa attività, di società specializzate nel settore PND.

È indispensabile ed obbligatorio che l'Appaltatore esegua l'attività predisponendo la stessa per il controllo sopra citato.

Le saldature dovranno risultare, all'esame visivo, conformi al livello di qualità "B" della norma EN 25817.

L'accettabilità all'esame radiografico sarà in accordo alla norma UNI 7278 cat. 1 Raggrupp. E, punto A 4.7.

Rimane comunque inteso che, qualora detti controlli denunciassero difetti i-

naccettabili, le radiografie di estensione (n. 2 lastre per ogni lastra difettosa) ed il successivo eventuale intervento di riparazione saranno a carico dell'Appaltatore.

L'eliminazione dei difetti dovrà essere eseguita mediante molatura e la riparazione dovrà essere eseguita con lo stesso procedimento di saldatura previsto per la saldatura originale. Non saranno accettati interventi diversi.

Dovrà essere tenuto un registro delle riparazioni avvenute con l'identificazione del giunto e del saldatore che ha eseguito la saldatura difettosa.

## **25. COLLEGAMENTO DEI FILI DEL SISTEMA D'ALLARME**

L'Appaltatore dovrà eseguire il collegamento dei fili del sistema di rilevazione perdite e allarme secondo le istruzioni e le prescrizioni del costruttore delle tubazioni e pezzi speciali preisolati e del fornitore del sistema stesso.

Il collegamento dei fili, ad ogni giunzione di barre e pezzi speciali, andrà effettuato tenendo i fili a corda molla per evitare strappi dovuti alle dilatazioni del tubo di servizio.

Opportuni distanziatori dovranno garantire l'equidistanza dei due fili di rame del sistema di rilevazione perdite e allarme e dovranno evitare che durante la fase di schiumatura dei giunti gli stessi vengano spinti verso il tubo di servizio in acciaio.

## **26. QUALIFICA DEGLI INSTALLATORI**

Gli operatori autorizzati all'esecuzione delle operazioni di collegamento dei fili del sistema d'allarme e del ripristino dell'isolamento in corrispondenza dei punti di giunzione, dovranno essere qualificati dalla ditta fornitrice delle tubazioni preisolate.

PARTE SECONDA

**LAVORI STRADALI**

## **1. MODALITA' DI ESECUZIONE**

### **1.1. Forme, principali dimensioni e variazioni delle opere progettate**

L'ubicazione, la forma, il numero e le principali dimensioni delle opere oggetto dell'appalto risultano dagli elaborati progettuali ed economici facenti parte integrante e sostanziale del presente progetto.

Elaborati ed eventuali specifiche tecniche aggiuntive a quelle già previste nel presente Capitolato Tecnico Prestazionale verranno impartiti dalla direzione dei lavori. Le indicazioni di cui sopra ed i disegni da allegare al contratto debbono ritenersi come atti ad individuare genericamente la consistenza delle varie specie di opere comprese nell'appalto. La Direzione Lavori si riserva comunque la insindacabile facoltà di introdurre nelle opere stesse, sia all'atto della consegna dei lavori, sia in sede di esecuzione, quelle varianti che riterrà opportune nell'interesse della buona riuscita e della economia dei lavori.

Qualunque particolare che all'atto esecutivo dovesse risultare insufficiente, carente o mancante con riferimento alle tavole progettuali dovrà essere tempestivamente richiesto alla Direzione Lavori a cura dell'impresa appaltatrice.

### **1.2. Osservanza di leggi, regolamenti e norme in materia di appalto**

Il contratto, oltre che dalle norme del presente Capitolato Tecnico Prestazionale, è regolato dal D.P.R. 34 del 25/01/2000 e ss.mm. in relazione alla qualificazione e attestazione SOA dell'impresa.

### **1.3. Provvista ed accettazione dei materiali**

I materiali debbono corrispondere alle prescrizioni del Capitolato Tecnico Prestazionale e della relativa voce di Elenco Prezzi. Il Direttore dei Lavori può prescrivere un luogo di provenienza dei materiali.

### **1.4. Standard di qualità di apparecchiature e materiali impiantistici**

Standard e qualità delle varie apparecchiature impiantistiche dovranno essere approvate dall'Ente Appaltante, il quale si riserva l'accettazione ovvero il rifiuto dei materiali proposti, senza che questo costituisca motivo, da parte dell'Appaltatore,

per l'avanzamento di richieste di maggior compenso, oltre i prezzi di offerta. Gli oneri derivanti dalla eventuale applicazione delle prescrizioni di cui sopra saranno a totale carico dell'Appaltatore. Tutte le apparecchiature ed i materiali impiegati per la realizzazione dei lavori in appalto dovranno essere di primaria marca, corredati da garanzia di lunga durata e di buon funzionamento. Potranno essere di produzione nazionale od estera, ma per tutti l'Appaltatore dovrà garantire il facile reperimento sul mercato interno del ricambio di parti e di singole sottocomponenti soggette ad usura, nonché l'esistenza di assistenza e manutenzione. Nella scelta dei materiali, anche non univocamente specificati negli elaborati di gara, si prescrive che:

- i materiali previsti nello scopo della Legge n. 791 del 1977 e successive modifiche ed integrazioni e per i quali esiste una norma relativa, dovranno essere muniti o di marchio I.M.Q. (o equivalente estero), se ammessi a tale regime, o altro marchio di conformità rilasciato da laboratorio riconosciuto, o da autocertificazione del costruttore; i materiali non previsti nello scopo della predetta legge e senza norme di riferimento dovranno essere comunque conformi alla legge n. 186 del 1968;
- tutti i materiali dovranno essere esenti da qualsiasi difetto qualitativo e di lavorazione;
- tutti i materiali e gli apparecchi impiegati nell'impiantistica meccanica dovranno essere idonei all'ambiente in cui saranno installati, e dovranno essere tali da resistere alle azioni meccaniche, corrosive, termiche o dovute all'umidità alle quali potranno essere esposti durante l'esercizio;
- tutti i materiali e apparecchi dovranno avere caratteristiche e dimensioni rispondenti alle relative Norme vigenti anche al momento dell'installazione e alle tabelle di unificazione se esistenti per tali categorie di materiali;
- tutti gli apparecchi devono riportare i dati di targa ed eventuali istruzioni d'uso nonché i libretti dei particolari di ricambi di maggior uso utilizzando la simbologia normalizzata e la lingua italiana.

### **1.5. Ordine da tenersi nell'andamento dei lavori**

In genere l'impresa avrà la facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale, purché a

giudizio della direzione lavori non risulti pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi la Committenza e nel rispetto del programma dei lavori.

Il programma, mentre non vincola la Committenza che potrà ordinare modifiche anche in corso di attuazione, è invece impegnativo per l'Impresa che ha l'obbligo di rispettare il programma di esecuzione. La Committenza si riserverà il diritto di stabilire l'esecuzione di un determinato lavoro entro un congruo termine perentorio e di disporre altresì lo sviluppo dei lavori nel modo che riterrà più opportuno in relazione alle esigenze dipendenti dall'esecuzione delle altre opere ed alla consegna degli altri lotti necessari per il completamento dell'opera suddetta, nonché delle forniture escluse dal contratto, senza che l'Impresa possa rifiutarsi e farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

### **1.6. Rinvenimenti e proprietà dei materiali**

I rinvenimenti di oggetti di valore e quelli che interessano la scienza, la storia, l'arte e l'archeologia, compresi relativi frammenti, deve essere immediatamente comunicato alla direzione lavori, sospendendo i lavori in quella zona.

I materiali provenienti da escavazioni o demolizioni sono di proprietà della Stazione Appaltante, salvo i casi in cui il prezzo di elenco preveda già il relativo smaltimento o la cessione all'impresa. Nei casi in cui ciò non sia previsto è da intendersi che nel prezzo di elenco è compreso il trasporto e lo scarico ed accatastamento dei materiali in luoghi che la Direzione Lavori indicherà e che comunque debbono trovarsi, nei pressi del cantiere o a qualunque distanza dal cantiere stesso, ma nell'ambito del territorio comunale.

### **1.7. Attività rumorose**

Nella attività di cantiere particolare attenzione dovrà essere riservata a quanto previsto nel "Regolamento comunale per la disciplina delle attività rumorose" redatto ai sensi delle vigenti disposizioni nazionali in materia (D.P.C.M. 1/3/91, L. 447/95), approvato con deliberazione di Consiglio Comunale n° 46 del 26/3/1998 (e successive modificazioni ed integrazioni); tale regolamento disciplina, tra le altre attività di carattere rumoroso, anche i cantieri edili, stradali ed assimilabili, stabilendo precisi orari di lavoro, limiti massimi di rumorosità e modalità per il rilascio di eventuali autorizzazioni al superamento dei limiti stessi.

## 2. NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI

Per tutte le opere dell'appalto le varie quantità di lavori saranno determinate con misure geometriche, escluso ogni altro metodo. Particolarmente viene stabilito quanto segue.

### 2.1. Opere stradali

*Compattazione meccanica dei rilevati* - La compactazione meccanica dei rilevati sarà valutata a metro cubo, quale compenso in aggiunta a quello per la formazione dei rilevati.

*Massicciata* - La ghiaia ed il pietrisco ed in generale tutti i materiali per massicciate stradali si valuteranno a metro cubo. Normalmente la misura dovrà effettuarsi prima della posa in opera; il pietrisco o la ghiaia verranno depositati in cumuli regolari e di volume il più possibile uguale lungo la strada, oppure in cataste di forma geometrica; la misurazione a scelta della direzione verrà fatta o con canne metriche, oppure col mezzo di una cassa parallelepipedica senza fondo che avrà le dimensioni di metri 1,00 x 1,00 x 0,50. All'atto della misurazione sarà in facoltà della direzione lavori di dividere i cumuli in tante serie ognuna di un determinato numero, e di scegliere in ciascuna serie il cumulo da misurare come campione. Il volume del cumulo misurato sarà applicato a tutti quelli della corrispondente serie, e se l'appaltatore avrà mancato all'obbligo della uguaglianza dei cumuli dovrà sottostare al danno che per avventura gli potesse derivare da tale applicazione. Tutte le spese di misurazione, comprese quelle della fornitura e trasporto della cassa, e quelle per lo spandimento dei materiali, saranno a carico dell'appaltatore e compensate coi prezzi di tariffa della ghiaia e del pietrisco. Quanto sopra vale anche per i rimanenti materiali di massicciata, ghiaia e pietrisco di piccole dimensioni che potessero occorrere per le banchine di marciapiedi, piazzali ed altro, e per il sabbione a consolidamento della massicciata nonché per le cilindature, bitumature, quando la fornitura non sia compresa nei prezzi di questi lavori, e per qualsiasi altro scopo. Potrà anche essere disposta la misura in opera con convenienti norme e prescrizioni.

*Impietramento o ossatura* - L'impietramento per sottofondo di massicciata verrà valutato al metro quadrato della relativa superficie e l'appaltatore s'intende-

rà compensato di tutti gli oneri ed obblighi prescritti .

Cilindratura di massiciata e sottofondi - Il lavoro di cilindratura di massicciate con compressore a trazione meccanica sarà pagato in ragione di metro cubo di pietrisco cilindrato, qualunque sia la larghezza della striscia da cilindrare. Coi prezzi di elenco s'intenderà compensata ogni spesa per noli, trasporto dei compressori a piè d'opera all'inizio del lavoro e per ritornare poi in rimessa, sia per ricovero durante la notte che nei periodi di sosta. Nel prezzo stesso è compreso il consumo dei combustibili e lubrificanti, per l'esercizio dei rulli, lo spandimento e configurazione dei materiali di massiciata, la fornitura e l'impiego dell'acqua per la caldaia e per l'innaffiamento, dove occorre, del pietrisco durante la rullatura, la fornitura e lo spandimento dei materiali di saturazione o di aggregazione, ove occorrono, ogni spesa per il personale addetto alle macchine, la necessaria manovalanza occorrente durante il lavoro, nonché di tutto quanto altro potrà occorrere per dare compiuto il lavoro a perfetta regola d'arte. La cilindratura di sottofondo, qualora venga ordinata, sarà pagata in ragione di metri cubi di sottofondo in opera, nel cui prezzo sono compresi tutti gli oneri principali ed eventuali per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte. Le cilindature possono essere previste anche a tonnellata chilometro, e con prestazioni in economia, per lavori in economia, o per esecuzioni di pavimentazioni, applicazioni di manti superficiali, ecc. per i quali non sia compreso nel prezzo l'onere delle cilindature, nei quali casi si stabiliranno le necessarie prescrizioni, modo di misura e prezzo.

Fondazioni e pavimentazioni in conglomerato cementizio; fondazioni in terra stabilizzata - Anche per queste voci la valutazione è prevista a metro cubo di opera finita. Il prezzo a metro cubo della fondazione e pavimentazione in calcestruzzo comprende tutti gli oneri per: studio granulometrico della miscela; la fornitura e stesa di un centimetro di sabbia quale letto di posa del calcestruzzo, e dello strato di cartone catramato isolante; la fornitura degli inerti delle qualità e quantità prescritte dal capitolato, nonché la fornitura del legante e dell'acqua; il nolo del macchinario occorrente per la confezione, il trasporto e posa in opera del calcestruzzo; la vibrazione e stagionatura del calcestruzzo; la formazione e sigillatura dei giunti; tutta la mano d'opera occorrente per i lavori su indicati, ed ogni altra spesa ed onere per il getto della lastra, ivi compreso quello del getto in due strati, se or-

dinato. Lo spessore sarà valutato in base a quello prescritto con tolleranza non superiore ai 5 millimetri purché le differenze si presentino saltuariamente e non come regola costante. In questo caso non si terrà conto delle eccedenze, mentre si dedurranno le deficienze riscontrate. Per armatura del calcestruzzo verrà fornita e posta in opera una rete d'acciaio a maglie che verrà valutata a parte, secondo il peso unitario prescritto o determinato in precedenza a mezzo di pesatura diretta. Anche per le fondazioni in terra stabilizzata valgono tutte le norme di valutazione sopra descritte. Si precisa ad ogni modo che il prezzo comprende: gli oneri derivanti dalle prove preliminari necessarie per lo studio della miscela, nonché da quelle richieste durante l'esecuzione del lavoro; la eventuale fornitura di terre e sabbie idonee alla formazione della miscela secondo quanto prescritto o richiesto dalla direzione dei lavori; il macchinario e la mano d'opera necessari e quanto altro occorra come precedentemente descritto.

Trattamenti protettivi delle pavimentazioni - manti di conglomerato pavimentazioni di cemento - I trattamenti superficiali, le penetrazioni, i manti di conglomerato, le pavimentazioni cementizie e in genere qualunque tipo di pavimentazione di qualsiasi spessore verranno di norma misurati in ragione di superficie intendendosi tassativi gli spessori prescritti e nel relativo prezzo unitario sarà compreso ogni magistero e fornitura per dare il lavoro completo con le modalità e norme indicate. Per i conglomerati, ove l'elenco dei prezzi lo prescriva, la valutazione sarà fatta a volume. Qualora i quantitativi di legante o di materiale di aggregazione stabiliti variassero, ovvero, nel caso dei manti a tappeto od a conglomerati a masse aperte o chiuse da misurarsi a superficie, si modificassero gli spessori, si farà luogo alle relative detrazioni analogamente a come su espresso. I cordoli laterali (bordi) se ordinati, saranno valutati a parte. La Committenza si riserva comunque di rifiutare emulsioni aventi più dell'1% in meno di percentuale di bitume prescritta. Qualora la partita venisse egualmente accettata, verranno effettuati negli stati di avanzamento detrazioni come segue: per percentuali tra l'1 ed il 3%, il 10% del prezzo di emulsione per ogni chilogrammo di emulsione impiegata; per percentuali maggiori del 3 sino al 5%, il 25% del prezzo dell'emulsione per ogni chilogrammo di emulsione impiegata.

Acciottolati, selciati, lastricati, pavimentazioni in cemento, di porfido - Gli ac-

ciottolati, i selciati, i lastricati e le pavimentazioni in cubetti e masselli saranno anch'essi pagati a metro quadrato. Sarà pagata la loro superficie vista, limitata cioè dal vivo dei muri o dai contorni, esclusa quindi ogni incassatura anche se necessaria e prescritta dalla direzione. Nei prezzi relativi è sempre compreso il letto di sabbia o di malta, ogni compenso per riduzione, tagli e sfridi di lastre, pietre o ciottoli, per maggiori difficoltà di costruzione dovuta ad angoli rientranti e sporgenti, per la preparazione, battitura e regolarizzazione del suolo; per la stuccatura o profilatura dei giunti con malta di cemento o bitumatura secondo le prescrizioni della direzione dei lavori e per qualunque altra opera o spesa per dare i lavori ultimati ed in perfetto stato. I prezzi di tariffa sono applicabili invariabilmente qualunque sia, o piana o curva, la superficie vista, e qualunque sia il fondo su cui sono posti in opera. Se l'acciottolato, selciato lastricato o pavimentazione in cubetti e masselli dovessero posare sopra sottofondo di sabbia, malta, macadam, cilindrato o calcestruzzo, questo verrà valutato a parte ai prezzi di elenco relativi a questi vari sottofondi e sostegni in muratura di calcestruzzo.

Soprastrutture stabilizzate - Le soprastrutture in terra stabilizzata, in terra stabilizzata con cemento in terra stabilizzata con legante bituminoso in pozzolana stabilizzata con calce idrata verranno valutate a metro quadrato di piano viabile completamente sistemato.

Tubi di cemento - I tubi di cemento saranno pagati a metri lineari e nel prezzo di elenco sarà incluso il massetto di fondazione, la fornitura e posa in opera dei tubi, la sigillatura dei giunti, il rinfianco quale sarà prescritto.

Cigli e cunette - I cigli e le cunette in calcestruzzo, saranno, ove in elenco non sia stato previsto a metri lineari, pagati a metro cubo, comprendendo nel prezzo ogni magistero per dare le superfici viste rifinite fresche al fratazzo.

Paracarri - indicatori chilometrici - termine di confine - Nel prezzo unitario dei paracarri, indicatori chilometrici, indicatori segnaletici e termini di confine, è compresa ogni operazione e provvista del materiale occorrente per la messa in opera, compresa nei termini, e nelle pietre chilometriche, la incisione delle lettere e dei numeri.

Seminagioni e piantagioni - Le seminagioni sulle scarpate dei rilevati saranno valutate a superficie per la proiezione orizzontale delle scarpate stesse, mentre le

piantagioni saranno valutate a numero di piantine attecchite. Nei relativi prezzi, oltre la fornitura dei semi e delle piantine, è compresa la preparazione del terreno ed ogni onere per la piantagione. Nelle viminate è pure compreso ogni onere e garanzia per l'attecchimento. La valutazione viene fatta per metro quadrato.

## **2.2. Segnaletica orizzontale**

Le linee di segnaletica orizzontale, di primo impianto o di ripasso, sia di mezzzeria che laterali di delimitazione della carreggiata, verranno valutate a metro lineare, con valutazioni diverse al variare delle quantità previste sulle singole strade, all'interno dei vari ordinativi.

La verniciatura di cordonati stradali esistenti o di nuova costruzione, verrà valutata a metro lineare.

La verniciatura di figure di segnaletica stradale, di primo impianto o di ripasso dell'esistente, verrà valutata a superficie realmente verniciata per le grandi figure isolate, mentre sarà valutata la superficie del minor rettangolo che le contenga per le piccole figure composte: triangoli accostati segnalanti la linea d'arresto di dare precedenza, figure complesse tipo Handicap o ciclabile, attraversamenti ciclabili, frecce direzionali, STOP.

La cancellazione di linee di segnaletica orizzontale esistente con apposita macchina fresatrice verrà valutata a metro lineare.

La fornitura con relativa posa di elementi dissuasori a dosso, costituiti da moduli in gomma, verranno valutati a metro lineare.

## **3. SPECIFICHE TECNICHE DEI MATERIALI**

### **3.1. Ghiaia, pietrisco e sabbia**

Le ghiaie, i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei calcestruzzi dovranno corrispondere alle condizioni di accettazione considerate nelle norme di esecuzione delle opere in conglomerato semplice od armato di cui alle norme vigenti. Le ghiaie ed i pietrischi dovranno essere costituiti da elementi omogenei derivanti da rocce resistenti il più possibile omogenee e non gelive; tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, facilmente sfaldabili o rivestite da incrostazioni o gelive. La sabbia da impiegarsi nelle mu-

rature o nei calcestruzzi dovrà essere assolutamente scevra da materie terrose ed organiche e ben lavata. Dovrà essere preferibilmente di qualità silicea proveniente da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Dovrà avere forma angolosa ed avere elementi di grossezza variabile da mm 1 a mm 5. La granulometria degli aggregati litici per i conglomerati sarà prescritta dalla direzione dei lavori in base alla destinazione, al dosaggio ed alle condizioni della messa in opera dei calcestruzzi. L'impresa dovrà garantire la costanza delle caratteristiche della granulometria per ogni lavoro. Per lavori di notevole importanza l'impresa dovrà disporre della serie dei vagli normali atti a consentire alla direzione dei lavori i normali controlli. In linea di massima, per quanto riguarda la dimensione degli elementi dei pietrischi e delle ghiaie questi dovranno essere da mm 40 a mm 71 (trattenuti dal crivello 40 U.N.I. e passanti da quello 71 U.N.I.) per lavori correnti di fondazioni, elevazione, muri di sostegno; da mm 40 a mm 60 (trattenuti dal crivello 40 U.N.I. e passanti da quello 60 U.N.I.) se si tratti di volti, di getti di un certo spessore; da mm 25 a mm 40 (trattenuti dal crivello 25 U.N.I. e passanti da quello 40 U.N.I.) se si tratta di volti o getti di limitato spessore. Le ghiaie da impiegarsi per formazione di massicciate stradali dovranno essere costituite da elementi omogenei derivati da rocce durissime di tipo costante, e di natura consimile fra loro, escludendosi quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica o sfaldabili facilmente, o gelive o rivestite di incrostazioni.

Il pietrisco, il pietrischetto e la graniglia, secondo il tipo di massicciata da eseguire, dovranno provenire dalla spezzatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, alla abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo, e dovranno essere scevri di materie terrose, sabbia o comunque materie eterogenee. Sono escluse le rocce marmose. Qualora la roccia provenga da cave nuove o non accreditate da esperienze specifiche di enti pubblici e che per natura e formazione non diano affidamento sulle sue caratteristiche, è necessario effettuare su campioni prelevati in cava, che siano significativi ai fini della coltivazione della cava, prove di compressione e di gelività. Quando non sia possibile ottenere il pietrisco da cave di roccia, potrà essere consentita per la formazione di esso la utilizzazione di massi sparsi in campagna o ricavabili da scavi, nonché di ciottoloni o massi ri-

cavabili da fiumi o torrenti sempre ché siano provenienti da rocce di qualità idonea. I materiali suindicati, le sabbie e gli additivi dovranno corrispondere alle norme di accettazione del fascicolo n. 4 ultima edizione, del consiglio nazionale delle ricerche. Rispetto ai crivelli U.N.I., i pietrischi saranno quelli passanti dal crivello 71 U.N.I. e trattenuti dal crivello 25 U.N.I. i pietrischetti quelli passanti dal crivello 25 U.N.I. e trattenuti dal crivello 10 U.N.I., le graniglie quelle passanti dal crivello 10 U.N.I. e trattenute dal setaccio 2 U.N.I. 2332.

Di norma si useranno le seguenti pezzature:

- 1) pietrisco da 40 a 71 millimetri ovvero da 40 a 60 millimetri se ordinato per la costruzione di massicciate all'acqua cilindrate;
- 2) pietrisco da 25 a 40 millimetri (eccezionalmente da 15 a 30 millimetri granulometria non unificata) per la esecuzione di ricarichi di massicciate e per materiali di costipamento di massicciate (mezzanello);
- 3) pietrischetto da 15 a 25 millimetri per esecuzione di ricarichi di massicciate per conglomerati bituminosi e per trattamenti con bitumi fluidi;
- 4) pietrischetto da 10 a 15 millimetri per trattamenti superficiali, penetrazioni, semi-penetrazioni, e pietrischetti bituminati;
- 5) graniglia normale da 5 a 10 millimetri per trattamenti superficiali, tappeti bitumati, strato superiore di conglomerati bituminosi;
- 6) graniglia minuta da 2 a 5 millimetri di impiego eccezionale e previo specifico consenso della direzione dei lavori per trattamenti superficiali; tale pezzatura di graniglia, ove richiesta, sarà invece usata per conglomerati bituminosi.

Nella fornitura di aggregato grosso per ogni pezzatura sarà ammessa una percentuale in peso non superiore al 5% di elementi aventi dimensioni maggiori o minori di quelle corrispondenti ai limiti della prescelta pezzatura, purché, per altro, le dimensioni di tali elementi non superino il limite massimo o non siano oltre il 10% inferiori al limite minimo della pezzatura fissata.

Gli aggregati grossi non dovranno essere di forma allungata o appiattita (laminare).

### **3.2. Terreni per soprastrutture in materiali stabilizzati**

Essi debbono identificarsi mediante la loro granulometria e i limiti di Atterberg, che determinano la percentuale di acqua in corrispondenza della quale il compor-

tamento della frazione fina del terreno (passante al setaccio 0,42 millimetri n. 40 A.S.T.M.) passa da una fase solida ad una plastica (limite di plasticità L.P) e da una fase plastica ad una fase liquida (limite di fluidità L.L.) nonché dall'indice di plasticità (differenza fra il limite di fluidità L.L. e il limite di plasticità L.P.). Tale indice da stabilirsi in genere per raffronto con casi similari di strade già costruite con analoghi terreni, ha notevole importanza. Salvo prescrizioni più specifiche della direzione dei lavori, si potrà fare riferimento alle seguenti caratteristiche (Highway Research Board):

- 1) strati inferiori (fondazione): tipo miscela sabbia-argilla: dovrà interamente passare al setaccio 25 millimetri: ed essere almeno passante per il 65% al setaccio n. 10 A.S.T.M.; il detto passante al n. 10, dovrà essere passante dal 55 al 90% al n. 20 A.S.T.M. e dal 35 al 70% passante al n. 40 A.S.T.M. e dal 10 al 25% passante al n. 200 A.S.T.M.;
- 2) strati inferiori (fondazione): tipo di miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: dovrà essere interamente passante al setaccio da 71 millimetri: ed essere almeno passante per il 50% al setaccio da 10 millimetri, dal 25 al 50% al setaccio n. 4, dal 20 al 40% al setaccio n. 10, dal 10 al 25% al setaccio n. 40, dal 3 al 10% al setaccio n. 200;
- 3) negli strati di fondazione, di cui ai precedenti paragrafi 1) e 2), l'indice di plasticità non deve essere superiore a 6, il limite di fluidità non deve superare 25 e la frazione passante al setaccio n. 200 A.S.T.M. deve essere preferibilmente la metà di quella passante al setaccio n. 40 e in ogni caso non deve superare i due terzi di essa;
- 4) strato superiore della sovrastruttura tipo miscela sabbia - argilla valgono le stesse condizioni granulometriche di cui al paragrafo 1);
- 5) strato superiore della sovrastruttura: tipo della miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: deve essere interamente passante dal setaccio da 25 millimetri ed almeno il 65% al setaccio da 10 millimetri dal 55 all'85% al setaccio n. 4, dal 40 al 70% al setaccio n. 10, dal 25 al 45% al setaccio n. 40, dal 10 al 25% al setaccio n. 200;
- 6) negli strati superiori 4) e 5) l'indice di plasticità non deve essere superiore a 9 né inferiore a 4, il limite di fluidità non deve superare 35; la frazione di passante al

setaccio n. 200 deve essere inferiore ai due terzi della frazione passante al numero 40.

Inoltre è opportuno controllare le caratteristiche meccaniche delle miscele con la prova C.B.R. (Californian bearing ratio) che esprime la portanza della miscela sotto un pistone cilindrico di due pollici di diametro, con approfondimento di 2,5 ovvero 5 millimetri in rapporto alla corrispondente portanza di una miscela tipo. In linea di massima il C.B.R. del materiale, costipato alla densità massima e saturato con acqua dopo 4 giorni di immersione, e sottoposto ad un sovraccarico di 9 chilogrammi dovrà risultare per gli strati inferiori, non inferiore a 30 e per i materiali degli strati superiori non inferiore a 70. Durante la immersione in acqua non si dovranno avere rigonfiamenti superiori allo 0,5 per cento.

### **3.3. Detrito di cava o tout venant di cava o di frantoio**

Quando per gli strati di fondazione della sovrastruttura stradale sia disposto di impiegare detriti di cava, il materiale deve essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile, non plasticizzabile) ed avere un potere portante C.B.R. (rapporto portante californiano) di almeno 40 allo strato saturo. Dal punto di vista granulometrico non sono necessarie prescrizioni specifiche per i materiali teneri (tufi, arenarie) in quanto la loro granulometria si modifica e si adegua durante la cilindatura; per materiali duri la granulometria dovrà essere assortita in modo da realizzare una minima percentuale dei vuoti: di norma la dimensione massima degli aggregati non deve superare i 10 centimetri. Per gli strati superiori si farà uso di materiali lapidei più duri tali da assicurare un C.B.R. saturo di almeno 80; la granulometria dovrà essere tale da dare la minima percentuale di vuoti; il potere legante del materiale non dovrà essere inferiore a 30; la dimensione massima degli aggregati non dovrà superare i 6 centimetri.

### **3.4. Cubetti di pietra**

I cubetti di pietra da impiegare per la pavimentazione stradale debbono rispondere alle norme di accettazione di cui al fascicolo n. 5 della commissione di studio dei materiali stradali del consiglio nazionale delle ricerche.

### **3.5. Bitumi**

I bitumi debbono soddisfare alle "norme per l'accettazione dei bitumi per usi stra-

dali" di cui al "fascicolo n. 2" del consiglio nazionale delle ricerche, ultima edizione.

Per trattamenti superficiali e semipenetrazione si adoperano i tipi B 180/200, B 130/150; per i trattamenti a penetrazione, pietrischetti bitumati, tappeti si adoperano i tipi B 80/10, B 60/80; per conglomerati chiusi i tipi B 60/80, B 50/60, B 40/50, B 30/40, per asfalto colato il tipo 20/30.

### **3.6. Bitumi liquidi**

Debbono soddisfare alle "norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per casi stradali" di cui al "fascicolo n. 7" del consiglio nazionale delle ricerche, ultima edizione.

Per i trattamenti a caldo si usano i tipi BL 150/300 e BL 350/700 a seconda della stagione e del clima.

### **3.7. Emulsioni bituminose**

Debbono soddisfare alle "norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali" di cui al "fascicolo n. 3" del consiglio nazionale delle ricerche, ultima edizione.

### **3.8. Catrami**

Debbono soddisfare alle "norme per l'accettazione dei catrami per usi stradali" di cui al "fascicolo n. 1" del consiglio nazionale delle ricerche, ultima edizione.

Per i trattamenti si usano i tre tipi: C 10/40, C 40/125, C 125/500.

### **3.9. Polvere asfaltica**

Deve soddisfare alle "norme per l'accettazione delle polveri di rocce asfaltiche per pavimentazioni stradali" di cui al "fascicolo n. 6" del consiglio nazionale delle ricerche, ultima edizione.

### **3.10. Olii minerali**

Gli olii da impiegarsi nei trattamenti in polvere di roccia asfaltica a freddo, sia di prima che di seconda mano, potranno provenire:

- da rocce asfaltiche o scisto-bituminose;
- da catrame;
- da grezzi di petrolio;
- da opportune miscele dei prodotti suindicati.

Gli olii avranno caratteristiche diverse a seconda che dovranno essere im-

piegati con polvere di roccia asfaltica di provenienza abruzzese o siciliana ed a seconda della stagione in cui i lavori verranno eseguiti.

### **3.11. Tubi perforati per drenaggi**

I tubi per drenaggio avranno struttura portante costituita da lamiera d'acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco, in modo che una sezione normale alla direzione dell'onda rappresenti una linea simile ad una sinusoidale. L'acciaio della lamiera ondulata, dello spessore minimo di mm 1,2 - con tolleranza U.N.I. (Norme U.N.I. EN 10051) dovrà avere carico unitario di rottura non inferiore a 34 kg/mm<sup>2</sup>, e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo il processo Sendzmir con 480 grammi nominali di zinco per metro quadrato. L'ampiezza dell'onda sarà di mm 38 (pollici 1 1/2) ed una profondità di mm 6,35 (1/4 pollice). Sulle condotte saranno praticati dei fori del diametro di 0,9 centimetri (tolleranza 0,1 centimetri) che saranno distribuiti in serie longitudinali con interesse di 38 millimetri, tutti disposti in un quarto di tubo. I singoli tronchi, di lunghezza non superiore a 9 metri saranno uniti tra loro mediante fasce di giunzione da fissare con bulloni. Per questo tipo di tubo l'unica forma impiegabile è quella circolare con diametro variabile da 15 a 25 centimetri.

### **3.12. Tubazioni per lo scarico delle acque di superficie dai rilevati**

Saranno dello stesso materiale ed avranno le stesse caratteristiche delle tubazioni di cui al precedente paragrafo con la sola differenza che non avranno fori.

### **3.13. Materiali di gres**

Detti materiali dovranno essere di grès ceramico vetrificato superficialmente con il procedimento al salmarino. I tubi avranno una lunghezza normale di metri lineari uno, saranno provvisti di bicchiere nei tipi e nelle misure di fabbricazione normale corrente. A richiesta però saranno forniti tubi di lunghezza anche minore corrispondente alle mezze ed ai quarti. Dovranno essere fabbricati con buone terre argillose mescolate nelle proporzioni convenienti ed opportunamente lavorate perché si presentino di pasta omogenea, senza incluse stratificazioni né distacchi. La cottura deve essere spinta a temperatura conveniente e mantenuta in modo che interessi uniformemente tutti gli spessori dei manufatti. Tanto all'esterno che all'interno la vernice dovrà presentarsi di tinta e spessore uniforme, senza notevoli

macchie, né discontinuità, e perfettamente vetrificata per garantire la impermeabilità dei pezzi sia di tuberia che speciali. Essi non dovranno presentare né incrinature, né scorie, né rugosità, particolarmente nell'interno, saranno sonori, lisci, dritti. I pezzi speciali dovranno presentarsi senza difetti di forma, con piani di appoggio regolari, con particolarità costruttive tali da rispondere alle necessità del loro impiego. Per tutti i manufatti, particolarmente accurate saranno le diverse parti ove si effettuano le giunzioni; le estremità, tanto a maschio che a femmina, saranno munite di apposite striature anulari. Gli spessori dei tubi saranno all'incirca i seguenti:

- diametro interno cm 12                      spessore cm 1,9;
- diametro interno cm 15-18-20            spessore cm 2,0;
- diametro interno cm 25                      spessore cm 2,2;
- diametro interno cm 30                      spessore cm 2,5;
- diametro interno cm 35                      spessore cm 2,8.

Nei riguardi delle dimensioni dei tubi e dei pezzi speciali saranno ammesse le seguenti tolleranze:

- sul diametro interno medio tolleranza del due per cento rispetto al diametro normale;
- sullo spessore: tolleranza massima in meno, l'uno per cento rispetto allo spessore normale;
- sulla freccia di incurvamento dei pezzi dritti: freccia massima riferita alla generatrice netta: l'uno per cento della lunghezza del pezzo.

I materiali dovranno soddisfare alle seguenti prove.

a) Impermeabilità. Il peso di una qualsiasi parte o frammento di tubo o di pezzo speciale dopo l'immersione della durata di otto giorni in acqua, non dovrà aumentare più del tre per cento.

b) Durezza. I pezzi non dovranno lasciarsi scalfire da un utensile di acciaio comune, né alla superficie, né su una sezione di frattura.

c) Resistenza alla pressione interna. Il tubo o pezzo speciale verrà portato, molto gradatamente e senza colpi, ad una pressione idraulica interna di kg 2 per cmq, che sarà mantenuta per 20 secondi. Durante questo periodo il pezzo non dovrà rivelare alcuna incrinatura, né trasudare od aumentare di peso in misura

apprezzabile.

d) Resistenza alla pressione esterna. Il tubo da esaminare verrà poggiato sopra una tavola di legno con interposto foglio di feltro, lasciando però il manicotto all'esterno della tavola, libero da ogni contatto. Si applicherà quindi sul tubo un peso di kg 800 a mezzo di leva agente sopra un regolo di legno lungo cm 30 e largo cm 3, disposto longitudinalmente sulla parte centrale del tubo, con interposizione di foglio di feltro. Saranno rifiutati senz'altro quei tubi che presentassero la benché minima incrinatura. Per tubi di diametro interno superiore ai cm 25 il carico di prova sarà di kg 1.000.

### **3.14. Tubazioni di calcestruzzo di cemento normale - tubazioni monolitiche**

I tubi di cemento saranno costituiti da conglomerato composto di kg 400 di cemento tipo 425 ogni mc, 0,800 di ghiaietina e mc 0,400 di sabbia e potranno costruirsi meccanicamente in apposito cantiere ovvero a mano, sia direttamente nei cavi, dove devono impiantarsi, sia in cantiere. Il ghiaietino potrà essere sostituito da un'eguale quantità di pietrischetto. La scelta del sistema di fabbricazione dei tubi sarà fatta dall'impresa secondo i mezzi di cui dispone e può avvalersi, restando però essa in ogni caso responsabile della buona esecuzione e della regolare riuscita della condotta. I tubi dovranno essere ben calibrati e di spessore uniforme.

Gli spessori dei tubi saranno i seguenti:

- diametro interno mm 100      spessore minimo mm 25;
- diametro interno mm 120      spessore minimo mm 25;
- diametro interno mm 140      spessore minimo mm 30;
- diametro interno mm 150      spessore minimo mm 30;
- diametro interno mm 180      spessore minimo mm 30;
- diametro interno mm 200      spessore minimo mm 30;
- diametro interno mm 250      spessore minimo mm 35;
- diametro interno mm 300      spessore minimo mm 35;
- diametro interno mm 400      spessore minimo mm 45;
- diametro interno mm 500      spessore minimo mm 55.

Qualunque sia il sistema di fabbricazione prescelto dalla impresa, il conglomerato dovrà essere compresso in modo da raggiungere la massima compattezza, uniformità ed impermeabilità. Non sarà tollerata alcuna diminuzione del dia-

metro interno, mentre per gli spessori si ammetterà una tolleranza di mm 3. Per i tubi fabbricati meccanicamente la superficie interna dovrà risultare perfettamente liscia; per quelli ottenuti con fabbricazione a mano la superficie interna sarà rivestita con intonaco liscio di malta di cemento e sabbia in parti uguali dello spessore di mm 3. I tubi saranno tolti dalle forme non prima delle 24 ore dalla loro ultimazione e per 15 giorni successivi dovranno subire una conveniente stagionatura in apposite vasche oppure con frequenti ed abbondanti aspersioni con acqua. In ogni caso i tubi non potranno essere trasportati o collocati in opera prima che siano trascorsi quaranta giorni dalla loro fabbricazione. La direzione dei lavori si riserva la facoltà di rifiutare i tubi approvvigionati in cantiere che a suo insindacabile giudizio si presentassero comunque difettosi.

### **3.15. Tubi in calcestruzzo di cemento armato centrifugato tipo normale**

I tubi in cemento saranno costituiti da conglomerato composto da kg 500 di cemento ogni mc 0,80 di ghiaietto e pietrischetto e mc 0,40 di sabbia e dovranno costruirsi meccanicamente in appositi cantieri. I tubi dovranno essere di forma e spessore regolari. La lunghezza utile dei tubi sarà di m 3. I giunti potranno essere indifferentemente del tipo a manicotto o del tipo ad anello esterno a seconda della richiesta della direzione lavori. Nel caso di giunto a manicotto questi dovranno essere ottenuti essi pure per centrifugazione monoliticamente con le canne. Nel caso di giunto ad anello esterno questo dovrà essere costituito in pura malta di cemento con dotazione di sei quintali di cemento per ogni metro cubo di malta. Così pure dicasi per quanto relativo agli spessori dei tubi, delle dimensioni e distanze delle solette. Qualunque sia il sistema di lavorazione per la fabbricazione prescelta dall'impresa il conglomerato dovrà essere compresso in modo da raggiungere la massima compattezza, uniformità ed impermeabilità. La superficie interna dei tubi dovrà risultare liscia. Essi saranno tolti dalle forme non prima delle 24 ore dalla loro ultimazione e per quindici giorni successivi dovranno subire una conveniente stagionatura in apposite vasche oppure con frequenti ed abbondanti aspersioni di acqua. In ogni caso i tubi non potranno essere trasportati e collocati in opera prima che siano trascorsi 30 giorni dalla loro fabbricazione. Per quanto riguarda le dimensioni dei tubi saranno ammesse le seguenti tolleranze:

a) rispetto al diametro teorico interno, tolleranza in più o in meno dello 0,01 di D +

5 mm;

b) rispetto allo spessore una tolleranza massima in meno dello 0,1 di 8 rispetto allo spessore normale;

c) rispetto alla ovalizzazione (differenza fra i diametri massimi e minimi interni di uno stesso tubo) dello 0,005 di  $D + 3$  mm.

I tubi armati centrifugati saranno armati con fili longitudinali di acciaio trafilato crudo e con spirale di armatura di uguale materiale, opportunamente disposti e nel numero e nelle dimensioni prescelte da ognuna delle ditte costruttrici. I tubi saranno allocati e disposti mediante opportuni giunti a manicotto pure armato, o da anello esterno, a seconda di quanto richiederà la direzione dei lavori. I tubi appoggeranno sopra apposite sellette in numero di due per ogni tubo. La direzione lavori si riserva di rifiutare i tubi approvvigionati in cantiere che, a suo insindacabile giudizio, si presentassero comunque difettosi.

### **3.16. Opere e strutture di calcestruzzo**

Gli impasti di conglomerato cementizio dovranno essere eseguiti in conformità con quanto previsto nelle Norme Tecniche per le costruzioni. La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato. Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti. Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua - cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato. L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento dell'assenza di ogni pericolo di aggressività. L'impasto deve essere effettuato con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

I controlli sul conglomerato saranno eseguiti secondo le prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche per le costruzioni ed avranno lo scopo di accertare che il conglomerato abbia una resistenza caratteristica a compressione non inferiore a quella richiesta dal progetto. Il controllo di qualità del conglomerato si articola nelle seguenti fasi: studio preliminare di qualificazione, controllo di accettazione, pro-

ve complementari. I prelievi dei campioni necessari per i controlli delle fasi suddette avverranno al momento della posa in opera dei casseri, secondo le modalità previste nelle Norme Tecniche per le costruzioni.

#### **4. SPECIFICHE TECNICHE DELLE LAVORAZIONI**

##### **4.1. Scavi e rilevati in genere**

Gli scavi ed i rilevati occorrenti per la formazione del corpo stradale, e per ricavare i relativi fossi, cunette, accessi, passaggi, rampe e simili, saranno eseguiti conformi alle previsioni di progetto, salvo le eventuali varianti che potrà disporre la direzione dei lavori; dovrà essere usata ogni esattezza nello scavare i fossi, nello spianare e sistemare i marciapiedi o banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli della strada, che dovranno perciò risultare paralleli all'asse stradale. L'impresa dovrà consegnare le trincee e i rilevati, nonché gli scavi o riempimenti in genere, al giusto piano prescritto, con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene tracciati e profilati, compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori, fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e sistemazione delle scarpate e banchine e l'espurgo dei fossi.

In particolare si prescrive quanto segue.

a) Scavi - Nella esecuzione degli scavi l'impresa dovrà procedere in modo che i cigli siano diligentemente profilati, le scarpate raggiungano la inclinazione prevista nel progetto o che sarà ritenuta necessaria e prescritta con ordine di servizio dalla direzione dei lavori allo scopo di impedire scoscendimenti, restando essa, oltreché totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligata a provvedere a suo carico e spese, alla rimozione delle materie franate in caso di inadempienza delle disposizioni all'uopo impartitegli. L'impresa dovrà sviluppare i movimenti di materie con adeguati mezzi e con sufficiente mano d'opera in modo da dare gli scavi, possibilmente, completi a piena sezione in ciascun tratto iniziato. Inoltre, dovrà aprire senza indugio i fossi e le cunette occorrenti e, comunque, mantenere efficiente, a sua cura e spese, il deflusso delle acque anche, se occorra, con canali fuggatori. Le materie provenienti dagli scavi per l'apertura della sede stradale, non utilizzabili e non ritenute idonee, a giudizio della

direzione lavori, per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere portate a rifiuto, fuori della sede stradale, depositandole su aree che l'impresa deve provvedere ad allestire a sua cura e spese. Le località per tali depositi a rifiuto dovranno essere scelte in modo che le materie depositate non arrecino danno ai lavori, od alle proprietà pubbliche e private, nonché al libero deflusso delle acque pubbliche e private. La direzione dei lavori potrà fare asportare, a spese dell'Impresa, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

b) Rilevati - Per la formazione dei rilevati si impiegheranno in generale e salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di cui alla lettera a) precedente, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio insindacabile della direzione dei lavori, per la formazione dei rilevati, dopo la cernita e separato accatastamento dei materiali che si ritenessero idonei per la formazione di ossature, inghiaiami, costruzioni murarie, ecc., i quali restano di proprietà della Stazione Appaltante. Potranno essere altresì utilizzate nei rilevati, per la loro formazione, anche le materie provenienti da scavi di opere d'arte e sempreché disponibili ed egualmente ritenute idonee e previa la cernita e separazione dei materiali utilizzabili di cui sopra. Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, ed infine per le strade da eseguire totalmente in rilevato, si provvederanno le materie occorrenti scavandole, o come si suol dire prelevandole, da cave di prestito che forniscano materiali riconosciuti pure idonei dalla direzione dei lavori; le quali cave potranno essere aperte dovunque l'impresa riterrà di sua convenienza, subordinatamente soltanto alla accennata idoneità delle materie da portare in rilevato ed al rispetto delle vigenti disposizioni di legge in materia di polizia mineraria e forestale, nonché stradale, nei riguardi delle eventuali distanze di escavazione lateralmente alla costruenda strada. Le dette cave di prestito da aprire a totale cura e spese dell'impresa alla quale sarà corrisposto il solo prezzo unitario di elenco per le materie escavate di tale provenienza, debbono essere coltivate in modo che, tanto durante la esecuzione degli scavi quanto ad a scavo ultimato, sia provveduto al loro regolare e completo scolo e restino impediti ristagni di acqua ed impaludamenti. A tale scopo l'impresa, quando occorra, dovrà aprire, sempre a sua cura e spese, opportuni fossi di scolo con sufficiente penden-

za. Le cave di prestito, che siano scavate lateralmente alla strada, dovranno avere una profondità tale da non pregiudicare la stabilità di alcuna parte dell'opera appaltata, né comunque danneggiare opere pubbliche o private. Il suolo costituente la base sulla quale si dovranno impiantare i rilevati che formano il corpo stradale, od opere consimili, dovrà essere accuratamente preparato, espurgandolo da piante, cespugli, erbe, canne, radici e da qualsiasi altra materia eterogenea, e trasportando fuori della sede del lavoro le materie di rifiuto. La base dei suddetti rilevati, se ricadente su terreno pianeggiante, dovrà essere inoltre arata, e se cadente sulla scarpata di altro rilevato esistente o su terreno a declivio trasversale superiore al 15%, dovrà essere preparata a gradini alti circa cm 30, con inclinazione inversa a quella del rilevato esistente o del terreno. La terra da trasportare nei rilevati dovrà essere anche essa previamente espurgata da erbe, canne, radici e da qualsiasi altra materia eterogenea e dovrà essere disposta in rilevato a cordoli alti da m 0,30 a m 0,50, bene pigiata ed assodata con particolare diligenza specialmente nelle parti addossate alle murature. Sarà obbligo dell'impresa, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché, all'epoca del collaudo, i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle prescritte. Non si potrà sospendere la costruzione di un rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione tale da assicurare lo scolo delle acque piovane. Nella ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere espurgato dalle erbe e cespugli che vi fossero nati, nonché configurato a gradoni, praticandovi inoltre dei solchi per il collegamento delle nuove materie con quelle prima impiegate. Qualora l'escavazione ed il trasporto avvenga meccanicamente si avrà cura che il costipamento sia realizzato costruendo il rilevato in strati di modesta altezza non eccedenti i 30 o i 50 centimetri. Comunque, dovrà farsi in modo che durante la costruzione si conservi un tenore di acqua conveniente, evitando di formare rilevati con terreni la cui densità ottima sia troppo rapidamente variabile col tenore in acqua e si eseguiranno i lavori, per quanto possibile, in stagione non piovosa, avendo cura, comunque, di assicurare lo scolo delle acque superficiali e profonde durante la costruzione. Per il rivestimento delle scarpate si dovranno impiegare terre vegetali per gli spessori previsti in progetto od ordinati

dalla direzione dei lavori.

#### **4.2. Rilevati compattati**

I rilevati compattati saranno costituiti da terreni adatti, esclusi quelli vegetali, da mettersi in opera a strati non eccedenti i 23-30 centimetri costipati meccanicamente mediante idonei attrezzi (rulli a punte, od a griglia, nonché quelli pneumatici zavorrati secondo la natura del terreno ed eventualmente lo stadio di compattazione - o con piastre vibranti) regolando il numero dei passaggi e l'aggiunta dell'acqua (innaffiamento) in modo da ottenere una densità pari al 90% di quella Proctor. Ogni strato sarà costipato nel modo richiesto prima di procedere a ricoprirlo con altro strato, ed avrà superiormente la sagoma della monta richiesta per l'opera finita, così da evitarsi ristagni di acqua e danneggiamenti. Qualora nel materiale che costituisce il rilevato siano incluse pietre, queste dovranno risultare ben distribuite nell'insieme dello strato, comunque nello strato superiore sul quale appoggia l'impianto della sovrastruttura tali pietre non dovranno avere dimensioni superiori a cm 10. Il terreno di impianto dei rilevati compattati che siano di altezza minore di m 0,50, qualora sia di natura sciolta, o troppo umida, dovrà essere compattato, previa scarificazione, al 90% della densità massima, con la relativa umidità ottima. Se detto terreno di impianto del rilevato ha scarsa portanza lo si consoliderà preliminarmente per l'altezza giudicata necessaria, eventualmente sostituendo il terreno in posto con materiali sabbiosi o ghiaiosi. Particolare cura dovrà aversi nei riempimenti e costipazione a ridosso dei piedritti, muri d'ala, muri andatori ed opere d'arte in genere. Sarà obbligo dell'appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati, durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'asestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle prescritte. Fa parte della formazione del rilevato oltre la profilatura delle scarpate e delle banchine e dei cigli, e la costruzione degli arginelli se previsti, il ricavare nella piattaforma, all'atto della costruzione e nel corso della sistemazione, il cassonetto di dimensione idonea a ricevere l'ossatura di sottofondo e la massicciata. Non si potrà sospendere la costruzione di un rilevato, qualunque ne sia la causa, senza che ad esso sia stata data una configurazione tale da assicurare lo scolo delle acque piovane. Nella ripresa del lavoro il rilevato già eseguito dovrà essere spurgato dalle erbe e cespugli

che vi fossero nati nonché configurato a gradoni, praticandovi inoltre dei solchi per il collegamento delle nuove materie con quelle prima impiegate. In corso di lavoro l'impresa dovrà curare l'apertura di fossetti di guardia a monte scolanti, anche provvisori, affinché le acque piovane non si addossino alla base del rilevato in costruzione. Nel caso di rilevati compattati su base stabilizzata, i fossi di guardia scolanti al piede dei rilevati dovranno avere possibilmente il fondo più basso dell'impianto dello strato stabilizzato.

#### **4.3. Acquedotti e tombini tubolari**

Gli acquedotti tubolari qualora siano eseguiti in conglomerato cementizio gettati in opera, per la parte inferiore della canna verranno usate semplici sagome; per la parte superiore verranno usate apposite barulle di pronto disarmo. Questi non dovranno avere diametro inferiore a cm 80 qualora siano a servizio del corpo stradale. Qualora vengano impiegati tubi di cemento per i quali è valida sempre quest'ultima prescrizione, questi dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con diametro uniforme e gli spessori corrispondenti alle prescrizioni sottospecificate; saranno bene stagionati e di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione, senza screpolature e sbavature e muniti di apposite sagomature alle estremità per consentire un giunto a sicura tenuta.

DIMENSIONE DEI TUBI E SPESSORE DELLA PLATEA		
Tubi <i>cm</i>	Spess. dei tubi <i>mm</i>	Spess della platea <i>cm</i>
80	70	20
100	85	25
120	100	30

I tubi saranno posati in opera alle livellette e piani stabiliti e su di una platea di calcestruzzo magro a q 2 di cemento per mc di impasto in opera dello spessore più sotto indicato, salvo diversa prescrizione della direzione dei lavori. Verranno inoltre rinfiacati di calcestruzzo a q 2,50 di cemento per mc di impasto in opera a seconda della sagomatura prevista nei disegni di progetto, previa perfetta sigillatura dei giunti con malta di puro cemento.

#### **4.4. Manufatti tubolari in lamiera zincata**

Le prescrizioni che seguono si riferiscono a manufatti per tombini e sottopassi a-

venti struttura portante costituita da lamiera di acciaio con profilatura ondulata con onda normale alla generatrice. L'acciaio della lamiera ondulata sarà dello spessore minimo di 1,5 millimetri con tolleranza U.N.I. (Norme U.N.I. 3143 e ss.mm.), con carico unitario di rottura non minore di 34 kg/mm<sup>2</sup> e sarà protetto su entrambe le facce da zincatura a bagno caldo praticata dopo l'avvenuto taglio e piegatura dell'elemento in quantità non inferiore a 305 gr/m<sup>2</sup> per faccia. La verifica della stabilità statica delle strutture sarà effettuata in funzione dei diametri e dei carichi esterni applicati adottando uno dei metodi della scienza delle costruzioni: (anello compresso, stabilità all'equilibrio elastico, lavori virtuali) sempre però con coefficiente di sicurezza non inferiore a 4. Le strutture finite dovranno essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfitture, parti non zincate ecc. Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi si dovrà provvedere alla loro protezione mediante rivestimento di mastice bituminoso o asfaltico contenente fibre di amianto (tipo TRUMBULL 5X) avente uno spessore minimo di mm 1,5 inserito sulla cresta delle ondulazioni, che dovrà corrispondere ad un peso di kg 1,5/MQ per faccia applicato a spruzzo od a pennello, ovvero di bitume assidato applicato mediante immersione a caldo negli stessi quantitativi precedentemente indicati. La direzione dei lavori si riserva di far assistere proprio personale alla fabbricazione dei manufatti allo scopo di controllare la corretta esecuzione secondo le prescrizioni sopra indicate ed effettuare, presso lo stabilimento di produzione le prove chimiche e meccaniche per accertare la qualità e lo spessore del materiale; tale controllo potrà essere fatto in una qualunque delle fasi di fabbricazione senza peraltro intralciare il normale andamento della produzione. Il controllo del peso di rivestimento di zinco sarà effettuato secondo le norme indicate dalle specifiche ASTM A. 90 - 53. Il controllo della centratura della zincatura sarà eseguita immergendo i campioni in una soluzione di Cu SO<sub>4</sub> nella misura di gr 36 ogni 100 di acqua distillata (come previsto dalle tabelle U.N.I. 4007). Essi dovranno resistere alla immersione senza che appaiano evidenti tracce di rame. Il controllo dello spessore verrà fatto sistematicamente ed avrà esito positivo se gli spessori misurati in più punti del manufatto rientrano nei limiti delle tolleranze prescritte. Nel caso gli accertamenti su un elemento non trovino corrispondenza alle caratteristiche previste ed il materiale presenti evidenti difetti saranno presi in

esame altri 2 elementi; se l'accertamento di questi 2 elementi è positivo si accetta la partita, se negativo si scarta la partita. Se un elemento è positivo e l'altro no, si controllano 3 elementi, se uno di questi è negativo si scarta la partita. I pesi, in rapporto allo spessore dei vari diametri impiegati, dovranno risultare da tabelle fornite da ogni fabbricante, con tolleranza del + 5%. Agli effetti contabili sarà compensato il peso effettivo risultante da apposito verbale di pesatura eseguito in contraddittorio purché la partita rientri nei limiti di tolleranza sopraindicati. Qualora il peso effettivo sia inferiore al peso diminuito della tolleranza, la direzione dei lavori non accetterà la fornitura. Se il peso effettivo fosse invece superiore al peso teorico aumentato della tolleranza, verrà compensato solo il peso teorico aumentato dei valori della tolleranza.

Le strutture impiegate saranno dei tipi elencati di seguito.

1) Ad elementi incastrati per tombini. L'ampiezza dell'onda sarà di mm 67,7 (pollici 2 e 3/4) e la profondità di mm 12,7 (1/2 pollice); la lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, sarà un multiplo di m 0,61 (2 piedi). Il tipo sarà costituito da due mezze sezioni cilindriche ondulate, curvate al diametro prescritto; dei due bordi longitudinali di ogni elemento l'uno sarà a diritto-filo e l'altro ad intagli, tali da formare quattro riseghe atte a ricevere, ad "incastro" il bordo diritto dell'altro elemento. Nel montaggio del tubo le sovrapposizioni circolari dovranno essere sfalsate, facendo sì che ogni elemento superiore si innesti sulla metà circa dei due elementi inferiori corrispondenti. Gli opposti elementi verranno legati fra loro, in senso longitudinale mediante appositi ganci in acciaio zincato. Le forme impiegabili, nel tipo ad elementi incastrati saranno: la circolare con diametro variabile da m 0,30 a m 1,50 e che potrà essere fornita con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro, e la policentrica anche ribassata con luce minima di m 0,30 e luce massima m 1,75.

2) A piastre multiple per tombini e sottopassi. L'ampiezza dell'onda sarà di mm 152,4 (pollici 6) e la profondità di mm 50,8 (pollici 2). Il raggio della curva interna della gola dovrà essere almeno di mm 28,6 (pollici 1 1/8). Le piastre saranno fornite in misura standard ad elementi tali da fornire, montate in opera, un vano la cui lunghezza sia multiplo di m 0,61. I bulloni di giunzione delle piastre dovranno essere di diametro non inferiore a 3/4 di pollice ed appartenere alla classe G 8 (norme

UNI 3740-1). Le teste dei bulloni dei cavi dovranno assicurare una perfetta adesione ed occorrendo si dovranno impiegare speciali rondelle. Le forme di manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple saranno circolari, con diametro compreso da m 1,50 a m 6,40 e potranno essere fornite con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro; ribassate con luce variabile da m 1,80 a m 6,50; ad arco con luce variabile da m 1,80 a m 9,00; policentriche (per sottopassi), con luce variabile da m 2,20 a m 7,00.

#### **4.5. Stratificazione di asfalto colato**

Sopra le solette dei ponti in cemento armato, dopo che le strutture saranno bene asciutte, si stenderà un manto di asfalto costituito da asfalto colato dello spessore di mm 20 la cui miscela dovrà corrispondere alle seguenti caratteristiche:

- bitume penetrazione 50 – 70            il 15% in peso;
- pani di mastice in asfalto            il 30% in peso;
- sabbia da mm 0 a 2                    il 55% in peso.

La stesa dell'asfalto colato dovrà essere effettuata in due riprese aventi, ciascuna, lo spessore di un centimetro.

Si avrà cura nella stesa del secondo strato, che i giunti siano sfalsati. Il punto di rammollimento del colato dovrà essere compreso fra i 50° centigradi e 70° centigradi.

#### **4.6. Drenaggi e fognature**

I drenaggi e le fognature di risanamento del corpo stradale e zone circostanti che si rendessero necessarie saranno sempre eseguiti dallo sbocco a valle del cunicolo di scolo verso il centro della fognatura propriamente detta e lungo la medesima, procedendo da valle verso monte, per il deflusso regolare delle acque. Prima di stabilire definitivamente il piano di fondo del drenaggio, onde assicurarsi di raggiungere in ogni punto lo strato impermeabile, la direzione dei lavori disporrà all'atto esecutivo quanti pozzi riterrà necessario praticare, ed in relazione al saggio ove risulti il punto più depresso dello strato impermeabile lungo l'asse del drenaggio, sarà stabilita la profondità di questo e la pendenza del cunicolo. Detti pozzi saranno scavati della lunghezza di m 2 a 3, della larghezza uguale a quella del drenaggio in corrispondenza dell'asse del drenaggio. Detti scavi saranno valutati agli stessi prezzi stabiliti nell'annesso elenco per gli scavi di fondazione e l'impresa non po-

trà avanzare pretese di maggiori compensi quali che siano il numero e l'ubicazione di questi pozzi. Le pareti dei drenaggi e dei cunicoli di scolo ed anche quelle dei pozzi, saranno, dove occorra, sostenuti da appositi rivestimenti di tavole o tavoloni con robuste armature in legname in relazione alla natura dei terreni attraversati. Il fondo dei drenaggi dovrà di norma essere rivestito in calcestruzzo che nella parte centrale sarà sagomato a cunetta e su tale rivestimento si costruirà dal lato a valle un muretto in malta, da quello a monte un muretto a secco, per l'altezza da 20 a 40 centimetri secondo l'importanza del drenaggio, così da costituire un cunicolo di scolo, da coprire con lastroni e successivamente col riempimento di cui all'art. 18.

#### **4.7. Lastricati, pavimenti in blocchetti di porfido lastricati**

La pietra da impiegarsi per i lastricati dovrà essere con struttura particolarmente omogenea, resistente all'urto ed all'usura per attrito. Il suolo convenientemente consolidato, sul quale dovrà eseguirsi il lastricato, sarà coperto di uno strato di malta o sabbia, sul quale verranno disposte le lastre in file parallele, di costante spessore, od anche a spina od a disegno, come verrà ordinato dalla direzione dei lavori, ravvicinate le une alle altre in modo che le connessure risultino minime in rapporto al grado di lavorazione; queste poi saranno colmate con malta liquida da versarsi e comprimersi con la cazzuola, fino a qualche centimetro dalla superficie e quindi i giunti saranno suggellati con bitume a caldo. Le lastre dovranno essere lavorate a scalpello negli assetti per un'altezza di almeno un terzo dello spessore.

Le superfici dei lastricati dovranno conformarsi ai profili e alle pendenze volute.

#### **4.8. Pavimenti in cubetti di porfido**

Dovranno soddisfare alle norme per l'accettazione dei cubetti di pietra per pavimentazioni stradali di cui al "fascicolo n. 5" del consiglio nazionale delle ricerche. I cubetti di porfido dovranno provenire da pietra a buona frattura, talché non presentino né rientranze né sporgenze in nessuna delle facce, e dovranno arrivare al cantiere di lavoro preventivamente calibrati secondo le prescritte dimensioni. Saranno rifiutati e subito fatti allontanare dal lavoro tutti i cubetti che presentino in uno dei loro lati dimensioni minori o maggiori di quelle prescritte ovvero presentino gobbe o rientranze sulle facce eccedenti l'altezza di mm 5 in più o in meno. La ve-

rifica potrà essere fatta dalla direzione dei lavori anche in cava. I cubetti saranno posti in opera ad archi contrastanti ed in modo che l'incontro dei cubetti di un arco con quello di un altro avvenga sempre ad angolo retto. Saranno impiantati su letto di sabbia dello spessore minimo di cm 8 a grana grossa e scevra di ogni materia eterogenea, letto interposto fra la pavimentazione superficiale ed il sottofondo, costituito da macadam all'acqua, cilindrato a fondo col tipo di cilindratura chiuso, ovvero da uno strato di calcestruzzo cementizio secondo quanto sarà ordinato. I cubetti saranno disposti in opera in modo da risultare pressoché a contatto prima di qualsiasi battitura. Dopo tre battiture eseguite sulla linea con un numero di operai pari alla larghezza della pavimentazione espressa in metri divisa per 0,80 e che lavorino tutti contemporaneamente ed a tempo con mazzapicchio del peso di kg 25-30 e colla faccia di battitura ad un dipresso uguale alla superficie del cubetto, le commessure fra cubetto e cubetto non dovranno avere in nessun punto la larghezza superiore a mm 10. La bitumatura della pavimentazione a cubetti sarà eseguita almeno dopo venti giorni dalla apertura al transito della strada pavimentata, saranno prima riparati gli eventuali guasti verificatisi, poi la strada verrà abbondantemente lavata con acqua a pressione col mezzo di lancia manovrata da operaio specialista, in modo che l'acqua arrivi sulla strada con getto molto inclinato e talché possa aversi la pulizia dei giunti per circa cm 3 di profondità. Appena il tratto di pavimentazione così pulito si sia sufficientemente asciugato, si suggelleranno i giunti a caldo ed a pressione con bitume in ragione di circa kg 3 per metro quadrato di pavimentazione. Verrà poi disteso e mantenuto sul pavimento il quantitativo di sabbione necessario a saturare il bitume, e quindi sarà aperto il transito.

#### **4.9. Pavimentazioni diverse**

Per l'eventuale esecuzione di pavimenti diversi e vari (conglomerati asfaltici, bituminosi, catramosi, taracadam, ecc., sopra sottofondi in cemento o macadam cilindrato; mattonelle in grès, asfalto, cemento. ecc.; pavimenti in legno; gomma, ghisa e vari), generalmente da eseguire con materiali o tipi brevettati, si prescrive che, ove siano previsti ed ordinati, l'impresa dovrà eseguirli secondo i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica per la loro costruzione e per l'impiego dei materiali che li costituiscono, attenendosi agli ordini che all'uopo potesse impartire la di-

rezione dei lavori, anche in mancanza di apposite previsioni e prescrizioni.

#### **4.10. Acciottolati e selciati**

Acciottolati - I ciottoli saranno disposti su di un letto di sabbia alto da cm 10 a 15, ovvero su di un letto di malta idraulica di conveniente spessore sovrapposto ad uno strato di rena compressa alto da mm 8 a 10. I ciottoli dovranno essere scelti di dimensioni il più possibile uniformi e disposti di punta con la faccia più piana rivolta superiormente, avvertendo di metterli a contatto. A lavoro finito, i ciottoli dovranno presentare una superficie uniforme secondo i profili e le pendenze volute, dopo che siano stati debitamente consolidati battendoli con mazzapicchio.

Selciati - I selciati dovranno essere formati con pietre squadrate e lavorate al martello nella faccia vista e nella faccia di combaciamento. Si dovrà dapprima spianare il suolo e costiparlo con la mazzera, riducendolo alla configurazione voluta, poi verrà steso uno strato di sabbia dell'altezza di cm 10 e su questo verranno conficcate di punta le pietre, dopo di avere stabilito le guide occorrenti. Fatto il selciato, vi verrà disteso sopra uno strato di sabbia dell'altezza di cm 3 e quindi verrà proceduto alla battitura con la mazzera, innaffiando di tratto in tratto la superficie, la quale dovrà riuscire perfettamente regolare e secondo i profili descritti. Nell'eseguire i selciati si dovrà avere l'avvertenza di collocare i prismi di pietra in guisa da far risalire la malta nelle connesure. Per assicurare poi meglio il riempimento delle connesure stesse, si dovrà versare sul selciato altra malta stemprata con acqua e ridotta allo stato liquido. Nei selciati a secco abbeverati con malta, dopo avere posato i prismi di pietra sullo strato di sabbia dell'altezza di cm 10, di cui sopra, conficcandoli a forza con apposito martello, si dovrà versare sopra un beverone di malta stemperata con acqua e ridotta allo stato liquido, e procedere infine alla battitura con la mazzera, spargendo di tratto in tratto altra malta liquida fino a che la superficie sia ridotta perfettamente regolare e secondo i profili stabiliti.

#### **4.11. Paracarri, indicatori chilometrici, termini di confine in pietra e barriere in c. a. ed in acciaio**

I paracarri, gli indicatori chilometrici ed i termini di confine in pietra, della forma e dimensioni indicate nei tipi allegati al contratto, per la parte fuori terra, saranno lavorati a grana ordinaria. Il loro collocamento in opera avrà luogo entro fosse di convenienti dimensioni, sopra un letto di ghiaia o di sabbia di altezza di cm 10 e si

assicureranno nella posizione prescritta riempiendo i vani laterali contro le pareti della fossa con grossa ghiaia, ciottoli, o rottami di pietre fortemente battuti. Allorquando i paracarri siano posti a difesa di parapetti in muratura, si dovrà evitare ogni contatto immediato con i medesimi lasciando un conveniente intervallo. In alcuni tratti del ciglio stradale a valle, o nei luoghi che la direzione dei lavori crederà opportuno designare, verranno eseguiti parapetti o barriere in cemento armato, della forma e dimensioni indicate sui disegni. In tutte le curve a piccolo raggio, nei tratti a scarpata ripida o fiancheggianti corsi di acqua, trincee ferroviarie, ecc., a richiesta della direzione dei lavori potranno impiegarsi barriere di acciaio ondulato.

#### **4.12. Segnaletica**

Per quanto riguarda la segnaletica l'impresa dovrà attenersi alle disposizioni che verranno impartite di volta in volta dalla direzione dei lavori. Dovranno essere tenute presenti le norme che regolano il codice della strada e relativo regolamento.

#### **4.13. Seminagioni e piantagioni**

Per le seminagioni sulle falde dei rilevati si impiegheranno, secondo la diversa natura del suolo e le istruzioni che saranno date dall'ingegnere direttore, semi di erba medica, sulla o altre. Quando la seminagione si dovesse fare contemporaneamente alla formazione delle scarpate, si spargerà la semente prima che lo strato superiore di terra vegetale abbia raggiunto la prescritta altezza. Nei casi in cui il terreno fosse già consolidato, si farà passare un rastrello a punte di ferro sulle scarpate parallelamente al ciglio della strada e vi si spargerà quindi la semente, procurando di coprirla bene all'atto dello spianamento della terra. L'impresa dovrà riseminare a sue spese le parti ove l'erba non avesse germogliato. Per le piantagioni sulle scarpate o sulle banchine si impiegheranno piantine di acacia o alianto, con preferenza a quest'ultima per la sua idoneità a produrre cellulosa, ovvero ad impiantare canneti (oriundo). Tali piantagioni verranno eseguite a stagione opportuna e con tutte le regole dell'arte, per conseguire una rigogliosa vegetazione, restando l'impresa obbligata di curarne la coltivazione e, all'occorrenza, l'innaffiamento sino al completo attecchimento. Le piantine dovranno essere disposte a filari in modo che ne ricadano quattro per ogni metro quadrato di superficie. Quelle che non attecchissero, o che dopo attecchite venissero a seccare, dovranno

essere sostituite dall'impresa a proprie spese in modo che all'atto del collaudo risultino tutte in piena vegetazione. Le alberature stradali dovranno essere effettuate in modo da non pregiudicare eventuali allargamenti della sede stradale. Dovranno esser eseguiti previa preparazione di buche delle dimensioni minime di metri 0,80 x 0,80 x 0,80 riempite di buona terra, se del caso drenate, ed opportunamente concimate. Le piante verranno affidate a robusti tutori a cui saranno legate con raffia.

## **5. NORME GENERALI PER IL COLLOCAMENTO IN OPERA**

### **5.1. Tubazioni per drenaggi e per lo scarico di acque**

Per la posa in opera dei suddetti manufatti dovrà essere predisposto un adeguato appoggio, ricavando nel piano di posa (costituito da terreno naturale o eventuale rilevato preesistente), un vano opportunamente profilato, e accuratamente compatto, secondo la sagoma da ricevere ed interponendo, fra il terreno e la tubazione, un cuscinetto di materiale granulare fino (max mm 15) avente spessore di almeno 30 centimetri. Il rinterro dei quarti inferiori delle condotte dovrà essere fatto con pestelli meccanici, o con pestelli a mano nei punti ove i primi non sono impiegabili. Il costipamento del materiale riportato sui fianchi dovrà essere fatto a strati di 15 millimetri utilizzando anche i normali mezzi costipanti dei rilevati, salvo che per le parti immediatamente adiacenti alle strutture dove il costipamento verrà fatto con pestelli pneumatici o a mano. Occorrerà evitare che i mezzi costipatori lavorino a "contatto" della struttura metallica. Le parti terminali dei manufatti dovranno essere munite di testate metalliche prefabbricate, oppure in muratura in conformità dei tipi adottati. L'installazione dei tubi di drenaggio dovrà essere iniziato dal punto di uscita in modo da permettere all'acqua di scolare fuori dello scavo in apposito scavo della larghezza di m 0,50 circa. Questi tubi dovranno essere posti in opera in modo che i fori si trovino nel quarto inferiore della circonferenza. L'installazione dei tubi di scarico dai rilevati verrà fatta in cunicoli scavati lungo la massima pendenza della scarpata della profondità media di m 0,40 e della larghezza strettamente sufficiente per la posa del tubo, che dovrà essere ricoperto con il materiale di scavo, in modo da ripristinare la continuità della scarpata. Il materiale

di rinterro dovrà essere permeabile in modo da consentire il rapido passaggio dell'acqua, e dovrà inoltre funzionare da filtro onde trattenere le particelle minute in sospensione impedendone l'entrata con la conseguente ostruzione del tubo; si impiegherà sabbia per calcestruzzo contenente pietrisco medio ed esente da limo. Il rinterro dovrà essere eseguito in strati e ben battuto onde evitare cedimenti causati da assestamenti. Per quanto non contemplato nella presente norma si farà riferimento alle norme A.A.S.H.O. m 36-57 e m 167-57.

### **5.2. Preparazione del sottofondo della carreggiata**

Il terreno interessato dalla costruzione del corpo stradale che dovrà sopportare direttamente o la sovrastruttura o i rilevati, verrà preparato asportando il terreno vegetale per tutta la superficie e per la profondità fissata dal progetto o stabilito dalla direzione dei lavori. I piani di posa dovranno anche essere liberati da qualsiasi materiale di altra natura vegetale, quali radici, cespugli, alberi. Per l'accertamento del raggiungimento delle caratteristiche particolari dei sottofondi qui appresso stabilite, agli effetti soprattutto del grado di costipamento e dell'umidità in posto, l'appaltatore, indipendentemente dai controlli che verranno eseguiti dalla direzione dei lavori, dovrà provvedere esso a tutte le prove e determinazioni necessarie. A tal uopo dovrà quindi a sue cure e spese, installare in cantiere un laboratorio con le occorrenti attrezzature. Le determinazioni necessarie per la caratterizzazione dei terreni ai fini della loro possibilità e modalità d'impiego, verranno preventivamente fatte eseguire dalla direzione dei lavori presso un laboratorio pubblico, cioè uno dei seguenti laboratori: quelli delle università, delle ferrovie dello Stato o presso il laboratorio dell'A.N.A.S. Rimosso il terreno costituente lo strato vegetale, estirpate le radici fino ad un metro di profondità sotto il piano di posa e riempite le buche così costituite si procederà, in ogni caso, ai seguenti controlli:

- a) determinazione del peso specifico apparente del secco del terreno in sito e di quello massimo determinato in laboratorio;
- b) determinazione dell'umidità in sito in caso di presenza di terre sabbiose, ghiaiose o limose;
- c) determinazione dell'altezza massima delle acque sotterranee nel caso di terre limose.

### **5.3. Costipamento del terreno in sito**

A) Se sul terreno deve essere appoggiata la sovrastruttura direttamente o con l'interposizione di un rilevato di altezza minore di cm 50, si seguiranno le seguenti norme:

a) per le terre sabbiose o ghiaiose, si dovrà provvedere al costipamento del terreno per uno spessore di almeno cm 25 con adatto macchinario fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco in sito, pari almeno al 95% di quello massimo ottenuto in laboratorio;

b) per le terre limose, in assenza d'acqua si procederà come al precedente capo a);

c) per le terre argillose si provvederà alla stabilizzazione del terreno in sito, mescolando ad esso altro idoneo, in modo da ottenere un conglomerato, a legante naturale, compatto ed impermeabile, dello spessore che verrà indicato volta per volta e costipato fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari al 95% del massimo ottenuto in laboratorio. Nel caso in cui le condizioni idrauliche siano particolarmente cattive, il provvedimento di cui sopra sarà integrato con opportune opere di drenaggio.

B) Se il terreno deve sopportare un rilevato di altezza maggiore di m 0,50:

a) per terre sabbiose o ghiaiose si procederà al costipamento del terreno con adatto macchinario per uno spessore di almeno 25 centimetri, fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco pari all'85% del massimo ottenuto in laboratorio per rilevati aventi una altezza da m 0,50 a m 3, e pari all'80% per rilevati aventi una altezza superiore a m 3;

b) per le terre limose in assenza di acqua si procederà come indicato al comma a);

c) per le terre argillose si procederà analogamente a quanto indicato al punto c) del cap. A).

In presenza di terre torbose si procederà in ogni caso alla sostituzione del terreno con altro tipo sabbioso-ghiaioso per uno spessore tale da garantire una sufficiente ripartizione del carico.

#### **5.4. Modificazione della umidità in sito**

L'umidità di costipamento non dovrà mai essere maggiore del limite di ritiro diminuito del 5%; nel caso che l'umidità del terreno in sito sia maggiore di questo valo-

re, occorrerà diminuire questo valore dell'umidità in loco, mescolando alla terra, per lo spessore che verrà indicato dalla direzione dei lavori, altro materiale idoneo asciutto, o lasciando asciugare all'aria previa disgregazione. Qualora operando nel modo suddetto l'umidità all'atto del costipamento, pari a quella del limite di ritiro diminuito del 5%, risultasse inferiore a quella ottima ottenuta in laboratorio, dovrà provvedersi a raggiungere il prescritto peso specifico apparente aumentando il lavoro meccanico di costipamento.

### **5.5. Rivestimento e cigliature con zolle e seminagioni**

Tanto per inzollature che per le seminagioni si dovranno preparare preventivamente le superfici da trattare riportando in corrispondenza alle stesse uno strato uniforme di buona terra vegetale, facendolo bene aderire al terreno sottostante, esente da radici, da erbe infestanti e da cotiche erbose, dello spessore di almeno 20 centimetri. Per la inzollatura delle scarpate da eseguire dove l'ordinerà la direzione dei lavori si useranno dove è possibile, zolle di 20 a 25 centimetri e di almeno 5 centimetri di spessore, disposte a connesure alternate, zolle provenienti dagli scoticamenti generali eseguiti per gli scavi o per la preparazione del terreno, purché le zolle siano tuttora vegetanti. Le zolle saranno assestate battendole col rovescio del badile, in modo da farle bene aderire al terreno. Per le seminagioni su scarpate si impiegheranno di regola semi di erba medica in quantitativi corrispondenti ad almeno 50 chilogrammi per ettaro o stoloni di gramigna. Sulle superfici piane potrà essere ordinata anche la seminagione di loietto, in quantitativi corrispondenti ad almeno 200 chilogrammi di semi per ettaro. In ogni caso la seminagione deve essere rullata e rastrellata in modo che i semi e gli stoloni di gramigna abbiano a risultare sicuramente coperti da uno strato di terra di spessore maggiore (2-3 centimetri) nel caso di gramigna. Le seminagioni saranno mantenute umide dopo la loro ultimazione, mediante innaffiature, in modo da conservare e aiutare la vegetazione. La seminagione sarà eseguita a stagione propizia.

### **5.6. Fondazioni della massiciata**

Quando occorra, la massiciata deve essere munita di una fondazione che, a seconda delle particolari condizioni dei singoli lavori, viene realizzata con una delle seguenti strutture:

a) in pietrame o ciottolami;

- b) in misto di ghiaia (o pietrisco) e sabbia; o materiale prevalentemente sabbioso;
- c) in materiale di risulta, come i prodotti di ricupero delle demolizioni di precedenti massicciate o di costruzioni edilizie, i detriti di frantumazione, le scorie, le ceneri, ecc., purché nei materiali di risulta dalle demolizioni non esistano malte gessose;
- d) in terra stabilizzata.

### **5.7. Fondazione della massicciata in pietrame e ciottolami**

Per la formazione della fondazione in pietrame e ciottolami entro apposito cassonetto scavato nella piattaforma stradale, dovranno costruirsi tre guide longitudinali di cui due laterali e una al centro e da altre guide trasversali alla distanza reciproca di m 15, eseguite accuratamente con pietre e ciottoloni scelti ed aventi le maggiori dimensioni, formando così dei riquadri da riempire con scapoli di pietrame o ciottoloni di altezza non minore di cm 20 e non superiore a cm 25, assestata a mano, con le code in alto e le facce più larghe in basso, bene accostati fra loro e con gli interstizi serrati a forza mediante scaglie. Ove la direzione dei lavori, malgrado l'accurata esecuzione dei sottofondi, reputi necessario che prima di spargere su di essi il pietrisco o la ghiaia sia provveduto alla loro rullatura e sagomatura, tale lavoro sarà eseguito in economia (qualora non esista all'uopo apposito prezzo di elenco) e pagato a parte in base ai prezzi di elenco per la fornitura ed impiego di compressori di vario peso. Ove tale rullatura si renda invece necessaria per deficienze esecutive nella tessitura dei sottofondi l'impresa sarà obbligata a provvedere a sua totale cura e spesa alla cilindatura. A lavoro ultimato, la superficie dei sottofondi dovrà avere sagoma trasversale parallela a quella che in definitivo si dovrà dare alla superficie della carreggiata, o del pavimento sovrapposto che dovrà costituire la carreggiata stessa. Qualora per la natura del terreno di sottofondo e per le condizioni igrometriche, possa temersi un anormale affondamento del materiale di fondazione, occorre stendere preventivamente su detto terreno, uno strato di sabbia o materiale prevalentemente sabbioso di adeguato spessore ed in ogni caso non inferiore a cm 10.

### **5.8. Opere in terra stabilizzata con calce**

Descrizione e norme generali. La stabilizzazione a calce consiste nella miscelazione di terra e/o materiali artificiali, calce ed acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche chimiche, fisiche, e meccaniche della terra e del materiale artifi-

ciale originario, onde ottenere un miscuglio scarsamente sensibile agli agenti atmosferici, idoneo al costipamento in strati e di capacità portante superiore ai materiali di partenza. Le miscele potranno essere ottenute mescolando i componenti in sito mediante pulvimixer, previa distribuzione dell'esatta percentuale di calce e l'eventuale aggiunta di acqua.

Piani di posa e formazione dei rilevati. I piani di posa avranno l'estensione dell'intera area di appoggio del rilevato ovvero della fondazione stradale nel caso di sezione in trincea, e potranno essere continui o gradonati secondo i profili e le indicazioni che saranno dati dalla D.L. Le quote dei suddetti piani dovranno essere conformi a quanto previsto negli elaborati progettuali e saranno raggiunte praticando i necessari scavi di sbancamento.

Il corpo del rilevato stradale potrà essere costituito da materiali, provenienti da cave di prestito o presenti in sito

In ogni caso i materiali da stabilizzare dovranno avere le seguenti caratteristiche:

- contenuto di materiale organico non superiore al 3%;
- classificabili, secondo la normativa CNR-UNI 10006 e ss.mm., come appartenenti alle categorie A5 con IP >8, A6, A7, A2-6 e A2-7 (con una frazione passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore al 35%).

L'Appaltatore, potrà condurre un'indagine sperimentale atta a stabilire la reattività della terra in sito con calce, e quindi ordinare la miscelazione/stabilizzazione della stessa con calce viva o idrata.

L'individuazione della miscela più idonea all'impiego dovrà essere indicata alla D.L. come scaturita dalla serie di indagini di laboratorio, eseguite presso Laboratori ufficiali o presso il centro sperimentale di Cesano, di seguito descritte:

- consumo iniziale di calce (CIC) determinato secondo la norma ASTM C977-92, non inferiore al 1,5%;
- presenza percentuale di solfati (SO<sub>3</sub>) determinati secondo le norme UNI EN 1744, non superiore al 4%;
- reattività della terra alla calce per le frazioni inferiori a 2 micron, determinata secondo esame difrattometrico, eseguito su campioni tal quale dopo trattamento sottovuoto con glicole etilico;

- verifica delle caratteristiche, mediante esami chimici e fisici di controllo, della calce che dovrà essere conforme ai valori indicati in tabella:

REQUISITO	CALCE VIVA	CALCE IDRATA
CO <sub>2</sub>	≤ 5%	---
(CaO + MgO) totali	≥ 84%	---
Titoli in idrati	---	≥ 85%
SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + SiO <sub>3</sub>	≤ 5%	≤ 5%
Pezzatura	≤ 2 mm	---
Passante al setaccio con luce netta da:	200 μ ≥ 90%	90 μ ≥ 85%

- determinazione del limite liquido e plastico, secondo la norma CNR UNI 10014 e ss.mm., della terra in sito e della miscela, si riterrà idonea una terra che, dopo stabilizzazione presenti un abbattimento dell'indice di plasticità IP del 25%
- determinazione dell'indice C.B.R. su provini confezionati secondo la normativa UNI-EN 13286-47, compattati secondo AASHO mod T180 e rispettivamente tenuti a maturare 7 giorni in aria a 20° ± 1°C e U.R. > 95% (presaturazione), oppure come sopra e poi saturati 4 giorni in acqua a 20° ± 1°C (post saturazione), lo studio dovrà provvedere l'impiego di due provini per ogni valore di umidità della miscela ed inoltre dovranno essere analizzate almeno tre miscele con tenori di calce crescenti a partire dal valore minimo CIC; Si riterranno idonee all'impiego le miscele che presenteranno le seguenti caratteristiche:
  - 1) Per la formazione dei piani di posa dei rilevati:
    - C.B.R. ≥ 50 (pre-saturazione)
    - C.B.R. ≥ 30 (post-saturazione) e rigonfiamento ≤ 2%
  - 2) Per la formazione dei piani di sottofondazione:
    - C.B.R. ≥ 70 (pre-saturazione)
    - C.B.R. ≥ 50 (post-saturazione) e rigonfiamento ≤ 1.5%
- determinazione della resistenza a compressione ad espansione laterale libera, eseguita su provini apribili del Tipo C.B.R., secondo B.U. CNR n° 29 compattati secondo AASHO Mod T180, metodo D, avvolti in pellicola di polietilene e tenuti a maturare 7 giorni in aria a 20° C e U.R. > 95%

Si riterranno idonee all'impiego le miscele che presenteranno le seguenti caratteristiche:

- 1) Per la formazione dei piani di posa dei rilevati:

resistenza a compressione  $R_c \geq 0.8$  Mpa.

2) Per la formazione dei rilevati:

resistenza a compressione  $R_c \geq 1.2$  Mpa.

Prima dell'inizio dei lavori l'Appaltatore è tenuto a presentare alla Direzione Lavori i risultati ottenuti dalle predette prove fermo restando che la responsabilità sullo studio della miscela e sulla buona riuscita dell'intervento rimane a carico dell'Appaltatore.

In ogni caso il quantitativo minimo di calce non dovrà mai essere inferiore all'1.5% in peso, pena la rimozione dell'intero strato di materiale stabilizzato a totale onere e cura dell'Impresa.

C) Posa in opera. La stabilizzazione del terreno verrà realizzata previo scotico del terreno vegetale e, a seconda dei casi, riporto di terreno proveniente dall'area di cantiere o da cave di prestito.

Dopo che il terreno sarà stato sagomato secondo le pendenze trasversali e longitudinali previste negli elaborati progettuali in maniera da garantire la sovrapposizione di strati di spessore costante (paralleli tra di loro), lo strato da stabilizzare dovrà essere scarificato per lo spessore e la larghezza prevista, e parzialmente polverizzato utilizzando lame scarificatrici, erpici a disco e pulvimixer. L'impresa dovrà provvedere, a propria cura e spese, a determinare le caratteristiche del materiale in sito e/o proveniente da cave di prestito al fine di verificarne la natura e l'utilizzazione oltre che le modalità di impiego (studio della miscela).

Tutti i materiali estranei, come radici, residui legnosi ed erbosi, e gli inerti di dimensione massima superiore a 3 cm dovranno essere rimossi.

La frantumazione del terreno mediante passate successive di idonea attrezzatura (pulvimixer) dovrà garantire l'ottenimento di una frazione passante al crivello 5 UNI superiore al 63%.

Terminata tale operazione si dovrà stabilire il grado di umidità della terra procedendo, con metodi speditivi, al prelievo di campioni in diversi punti dell'area di intervento.

In presenza di percentuali di umidità che si discostano dal valore di umidità ottima superiori in valore assoluto al 2% si dovrà provvedere, in caso di eccesso di umidità, all'erpatura ed arieggiatura del terreno oppure, qualora il terreno risul-

tasse troppo asciutto, si dovrà provvedere all'innaffiatura del terreno fino al raggiungimento il grado di umidità desiderato.

Acquisita l'umidità ottima o comunque compresa nel range sopra definito, si procederà alla uniforme stesura della calce, mediante l'impiego di apposita attrezzatura a coclea, nella misura a metro quadrato e in funzione dello spessore dello strato da stabilizzare, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela.

Durante le giornate ventose non sarà permessa la stesa della calce in polvere ed in ogni caso le operazioni di spargimento della calce dovranno tener conto di eventuali dispersioni e dissipazioni di legante.

Ove necessario si procederà alla stesa d'acqua con adeguata cisterna munita di barre di spruzzatura e di dispositivo di dosatura

Ultimata la stesa della calce si provvederà alla miscelazione eseguendo un adeguato numero di passate di pulvimixer (minimo due) al fine di ottenere una miscela continua ed uniforme per poi passare alla rullatura eseguita con rulli a "piede di pecora" e/o rulli gommati.

Particolare cura si dovrà prestare nella realizzazione dei giunti longitudinali al fine di garantire la continuità della struttura.

Ciò si potrà ottenere limitando a non più di due ore il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce, affiancate provvedendo inoltre alla fresatura e miscelazione di una striscia di sovrapposizione con la lavorazione contigua di almeno 5 cm.

Nel caso in cui le condizioni climatiche non permettessero una esecuzione a regola d'arte, il lavoro dovrà essere sospeso.

Strati eventualmente compromessi da condizioni meteorologiche, o da altre cause quali protezione non adeguata degli strati, traffico di cantiere, traffico esterno, ecc., dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'impresa.

La Direzione Lavori accetterà il raggiungimento del grado di compattazione attraverso prove per la determinazione della densità in sito e del Modulo di Deformazione (Md).

La frequenza di tali prove viene fissata in:

- n° 1 prova di carico su piastra finalizzata alla determinazione del Modulo di Deformazione e n° 1 prova per la determinazione della densità in sito ogni 5.000 mq

per lo strato di stabilizzazione in sito delle terre e comunque ogni qual volta si incontrino terreni di diversa natura;

- n° 1 prova di carico su piastra finalizzata alla determinazione del Modulo di Deformazione e n° 1 prova per la determinazione della densità in sito ogni 150 ml di ciascun strato di stabilizzazione delle terre necessario alla realizzazione del rilevato stradale.

La D.L. si riserva inoltre di eseguire prove dell'Indice C.B.R., prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato.

La Direzione Lavori riterrà idonei i seguenti valori:

- 1) per la stabilizzazione del piano di posa
  - a. densità in sito pari al 95% della densità AASHO modificata ottenuta in laboratorio in conformità a quanto previsto nel B.U. C.N.R. n° 22 su provini confezionati con la stessa miscela prelevata in sito;
  - b. valori di  $M_d \geq 40$  N/mm<sup>2</sup> nel ciclo di carico compreso tra 0.15 e 0.25 N/mm<sup>2</sup> ottenuti mediante prova di carico su piastra da 300 mm di diametro in conformità a quanto previsto dalla specifica normativa di riferimento (B.U. C.N.R. n° 146);
- 2) per la formazione del corpo del rilevato:
  - c. densità in sito pari al 95% della densità AASHO modificata ottenuta in laboratorio in conformità a quanto previsto nel B.U. C.N.R. n° 22 su provini confezionati con la stessa miscela prelevata in sito;
  - d. valori di  $M_d \geq 80$  N/mm<sup>2</sup> nel ciclo di carico compreso tra 0.15 e 0.25 N/mm<sup>2</sup> ottenuti mediante prova di carico su piastra da 300 mm di diametro in conformità a quanto previsto dalla specifica normativa di riferimento (B.U. C.N.R. n° 146).

Per le prove dell'indice C.B.R., per le prove di rigonfiamento e prove di rottura a compressione su provini prelevati in sito costituiti da materiale già compattato si potranno accettare valori non inferiori al 90% di quelli ottenuti in laboratorio sulla miscela di progetto.

Il periodo di maturazione della miscela non potrà essere inferiore a 7 giorni.

L'accettazione della lavorazione sarà inoltre subordinata alla verifica delle

condizioni elencate di seguito.

a) *Regolarità superficiale*. La superficie finita dello strato completo non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto. Il controllo verrà effettuato mediante l'impiego di un regolo lungo 4 metri nelle due direzioni ortogonali. L'eventuale e comunque saltuario scostamento della lavorazione rispetto alla sagoma di progetto sarà valutata volta per volta dalla D.L. In ogni caso non sarà consentita la ricarica superficiale e qualora lo scostamento superi il valore ammissibile l'impresa dovrà rimuovere l'intero spessore dello strato e provvedere a propria cura e spese al rifacimento dell'intera lavorazione.

b) *Controllo del dosaggio*. Il controllo del dosaggio del legante in cantiere sarà eseguito pesando la calce distribuita su una superficie nota. La variazione non dovrà eccedere il  $\pm 10\%$ . Tratti ove vengano riscontrati dosaggi inferiori o superiori ai limiti predetti dovranno essere rimossi e portati a rifiuto, a cura e spese dell'impresa.

### **5.9. Costruzione del rilevato**

Per la costruzione del rilevato stradale si potrà far ricordo, in alternativa all'impiego dell'argilla stabilizzata a calce, di materiali aridi appartenenti ai gruppi A<sub>3</sub> A<sub>2-4</sub> (classificazione UNI CNR 10006 e ss.mm.).

Detti materiali dovranno essere scelti con la massima cura, escludendo i terreni vegetali argillosi, quelli con humus, radici, erbe e materie organiche in genere.

Per la formazione del rilevato stradale dovranno pertanto essere impiegati terreni provenienti dalla escavazione di depositi alluvionali formati da misti naturali di ghiaia e sabbia di cui la Direzione Lavori esprima, a suo insindacabile giudizio, la conformità a quanto prescritto dal progetto esecutivo.

La ditta dovrà comunque fornire a propria cura e spese i certificati di laboratorio relativi a alle prove di classificazione del materiale secondo le richieste impartite dalla D.L.

La stesa del materiale dovrà essere eseguita in strati di spessore non superiore a 30 cm imponendo, in ciascuna fase lavorativa, una pendenza trasversale per permettere un rapido smaltimento delle acque piovane e comunque non inferiore al 2,5%. Lo stato del materiale impiegato per ogni strato dovrà essere all'occorrenza corretto mediante inumidimento con acqua o previo essiccamen-

to al fine di garantire il massimo costipamento di ciascuno strato.

Il costipamento dovrà essere realizzato con idonei mezzi meccanici compattatori, eventualmente anche gommati, badando di scarificare opportunamente lo strato più superficiale in maniera da garantire la continuità tra i vari livelli.

La compattazione del rilevato dovrà garantire, per ciascuno strato, il raggiungimento di un valore in sito della densità secca pari al 95% della densità massima raggiungibile in laboratorio per quel materiale valutata secondo le modalità previste dalla prova AASHo mod. Le prove necessarie per la determinazione della densità in sito dovranno essere condotte ogni 150 ml di ciascun strato necessario alla realizzazione del rilevato stradale.

Analogamente, ogni 150 ml di rilevato, si dovranno inoltre effettuare prove di carico su piastra finalizzate alla determinazione del Modulo di Deformazione.

Il rilevato si riterrà accettabile al raggiungimento di valori di  $M_d \geq 80 \text{ N/mm}^2$  nel ciclo di carico compreso tra 0.15 e 0.25  $\text{N/mm}^2$  valutato mediante prova di carico su piastra da 300 mm di diametro in conformità a quanto previsto dalla specifica normativa di riferimento (B.U. C.N.R. n° 146).

Particolare attenzione dovrà essere condotta in prossimità dei tombamenti e delle opere d'arte al fine di garantire comunque il raggiungimento dei risultati sopra elencati.

A lavori ultimati la sagoma e le livellette del rilevato dovranno risultare conformi ai disegni e alle quote stabilite dal progetto.

Al fine di prevenire il ristagno di acqua sul rilevato non è consentita la costruzione anticipata degli arginelli di contenimento laterali che comunque dovranno attestarsi alle quote di sommità di ciascuno strato.

#### **5.10. Fondazione di massiciata in ghiaia o pietrisco e sabbia**

Le fondazioni con misti di ghiaia o pietrisco e sabbia dovranno essere formate con uno strato di materiale di spessore uniforme e di altezza proporzionata sia alla natura del sottofondo che alle caratteristiche del traffico. Di norma lo spessore dello strato da cilindrare non dovrà essere inferiore a cm 20. Lo strato deve essere assestato mediante cilindatura. Se il materiale lo richiede per scarsità di potere legante, è necessario correggerlo con materiale adatto, aiutandone la penetrazione mediante leggero innaffiamento, tale che l'acqua non arrivi al sottofondo. Le ci-

lindrature dovranno essere condotte procedendo dai fianchi verso il centro. A lavoro finito, la superficie dovrà risultare parallela a quella prevista per il piano viabile. Le stesse norme valgono per le fondazioni costruite con materiale di risulta. Tale materiale non dovrà comprendere sostanze alterabili e che possono rigonfiare in contatto con l'acqua.

### **5.11. Massiccata**

Le massicciate, tanto se debbano formare la definitiva carreggiata vera e propria portante il traffico dei veicoli e di per sé resistente, quanto se debbano eseguirsi per consolidamento o sostegno di pavimentazioni destinate a costituire la carreggiata stessa, saranno eseguite con pietrisco o ghiaia aventi le dimensioni appropriate al tipo di carreggiata da formare, o da dimensioni convenientemente assortite. Il pietrisco sarà ottenuto con la spezzatura a mano o meccanica, curando in quest'ultimo caso di adoperare tipi di frantoi meccanici che spezzino il pietrame od i ciottoloni di elevata durezza, da impiegare per la formazione del pietrisco, in modo da evitare che si determinino fratture nell'interno dei singoli pezzi di pietrisco. La direzione dei lavori si riserva la facoltà di fare allontanare o di allontanare, a tutte spese e cure dell'impresa, dalla sede stradale il materiale di qualità scadente: altrettanto dicasi nel caso che il detto materiale non fosse messo in opera con le cautele e le modalità che saranno prescritte dalla direzione dei lavori, come pure per tutti gli altri materiali e prodotti occorrenti per la formazione delle massicciate e pavimentazioni in genere. Il materiale di massiccata, preventivamente ammannito in cumuli di forma geometrica od in cataste pure geometriche, sui bordi della strada od in adatte località adiacenti agli effetti della misurazione, qualora non sia diversamente disposto, verrà sparso e regolarizzato in modo che la superficie della massiccata, ad opera finita, abbia in sezione trasversale e per tratti in rettilineo, ed a seconda dei casi, il profilo indicato; e nelle curve il profilo che sarà stabilito dalla direzione dei lavori. Tutti i materiali da impiegare per la formazione della massiccata stradale dovranno soddisfare alle "norme per l'accettazione dei pietrischi, dei pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali" di cui al "fascicolo n. 4" del consiglio nazionale delle ricerche. Per la formazione della massiccata il materiale, dopo la misura deve essere steso in modo regolare ed uniforme, ricorrendo alle comuni carriole o forche e se possibile,

mediante adatti distributori meccanici. L'altezza dello strato da cilindrare in una sola volta non deve essere superiore a cm 15. Qualora la massicciata non debba essere cilindrata, si provvederà a dare ad essa una certa consistenza, oltre che con l'impiego di pietrisco assortito (da 60 a 25 millimetri) escludendo rigorosamente le grosse pezzature, mediante lo spandimento di sabbione di aggregazione che renda possibile l'amalgama dei vari elementi sotto un traffico moderato.

### **5.12. Cilindratura delle massicciate**

Salvo quanto è detto per ciò che riguarda le semplici compressioni di massicciate a macadam ordinario, quando si tratti di cilindrare a fondo le stesse massicciate da conservare a macadam ordinario, o eseguite per spianamento e regolarizzazioni di piani di posa di pavimentazioni, oppure di cilindrate da eseguire per preparare la massicciata a ricevere trattamenti superficiali, rivestimenti, penetrazioni e relativo supporto, o per supporto di pavimentazioni in conglomerati asphaltici bituminosi od asphaltici, in porfido, ecc., si provvederà all'uopo ed in generale con rullo compressore a motore del peso non minore di 16 tonnellate. Il rullo nella sua marcia di funzionamento manterrà la velocità oraria uniforme non superiore a km 3. Per la chiusura e rifinitura della cilindratura si impiegheranno rulli di peso non superiore a tonnellate 14, e la loro velocità potrà essere anche superiore a quella suddetta, nei limiti delle buone norme di tecnica stradale. I compressori saranno forniti a piè d'opera dall'impresa con i relativi macchinisti e conduttori abilitati e con tutto quanto è necessario al loro perfetto funzionamento (salvo che sia diversamente disposto per la fornitura di rulli da parte dell'amministrazione). Verificandosi eventualmente guasti ai compressori in esercizio, l'impresa dovrà provvedere prontamente alla riparazione ed anche alla sostituzione, in modo che le interruzioni di lavoro siano ridotte al minimo possibile. Il lavoro di compressione o cilindratura dovrà essere iniziato dai margini della strada e gradatamente proseguito verso la zona centrale. Il rullo dovrà essere condotto in modo che nel cilindrare una nuova zona passi sopra una striscia di almeno cm 20 della zona precedentemente cilindrata, e che nel cilindrare la prima zona marginale venga a comprimere anche una zona di banchina di almeno cm 20 di larghezza. Non si dovranno cilindrare o comprimere contemporaneamente strati di pietrisco o ghiaia superiori a cm 12 di altezza misurati sul pietrisco soffice sparso, e quindi prima della cilindratura. Pertan-

to, ed ogni qualvolta la massicciata debba essere formata con pietrisco di altezza superiore a cm 12, misurata sempre come sopra, la cilindratura dovrà essere eseguita separatamente e successivamente per ciascun strato di cm 12 o frazione, a partire da quello inferiore. Quanto alle modalità di esecuzione delle cilindature queste vengono distinte in 3 categorie:

- 1° di tipo chiuso;
- 2° di tipo parzialmente aperto;
- 3° di tipo completamente aperto.

A seconda dell'uso cui deve servire la massicciata a lavoro di cilindratura ultimato, e dei trattamenti o rivestimenti coi quali è previsto che debba essere protetta. Qualunque sia il tipo di cilindratura, fatta eccezione delle compressioni di semplice assestamento, occorrenti per poter aprire al traffico senza disagio del traffico stesso, almeno nel primo periodo, la strada o i tratti da conservare a macadam semplice, tutte le cilindature in genere debbono essere eseguite in modo che la massicciata, ad opera finita e nei limiti resi possibili dal tipo cui appartiene, risulti cilindrata a fondo, in modo cioè che gli elementi che la compongono acquistino lo stato di massimo addensamento.

La cilindratura di tipo chiuso dovrà essere eseguita con uso di acqua, pur tuttavia limitato, per evitare ristagni nella massicciata e rifluimento in superficie del terreno sottostante che potesse perciò essere rammollito e con impiego, durante la cilindratura, di materiale di saturazione, comunemente detto aggregante, costituito da sabbione pulito e scevro di materie ferrose da scegliere fra quello con discreto potere legante, o da detrito dello stesso pietrisco, se è prescritto l'impiego del pietrisco e come è opportuno per questo tipo, purché tali detriti siano idonei allo scopo. Detto materiale col sussidio dell'acqua e con la cilindratura prolungata in modo opportuno, ossia condotta a fondo, dovrà riempire completamente, od almeno il più che sia possibile, i vuoti che anche nello stato di massimo addensamento del pietrisco restano tra gli elementi del pietrisco stesso. Ad evitare che per eccesso di acqua si verifichino inconvenienti immediati o cedimenti futuri, si dovranno aprire frequenti tagli nelle banchine, creando dei canaletti di sfogo con profondità non inferiore allo spessore della massicciata ed eventuale sottofondo e con pendenza verso l'esterno. La cilindratura sarà protratta fino a completo costi-

pamento col numero di passaggi occorrenti in relazione alla qualità e durezza del materiale prescritto per la massicciata, e in ogni caso non mai inferiore a 120 passate.

La cilindratura di tipo semiaperto, a differenza della precedente, dovrà essere eseguita con le modalità seguenti:

a) l'impiego di acqua dovrà essere pressoché completamente eliminato durante la cilindratura, limitandone l'uso ad un preliminare innaffiamento moderato del pietrisco prima dello spandimento e configurazione, in modo da facilitare l'assestamento dei materiali di massicciata durante le prime passate di compressore, ed a qualche leggerissimo innaffiamento in sede di cilindratura e limitatamente allo strato inferiore da cilindrare per primo (tenuto conto che normalmente la cilindratura di massicciate per strade di nuova costruzione interessa uno strato di materiale di spessore superiore ai cm 12), e ciò laddove si verificasse qualche difficoltà per ottenere l'assestamento suddetto. Le ultime passate di compressore, e comunque la cilindratura della zona di massicciata che si dovesse successivamente cilindrare al disopra della zona suddetta di cm 12, dovranno eseguirsi totalmente a secco;

b) il materiale di saturazione da impiegare dovrà essere della stessa natura, essenzialmente arida e preferibilmente silicea, nonché almeno della stessa durezza, del materiale durissimo, e pure preferibilmente siliceo, che verrà prescritto ed impiegato per le massicciate da proteggere coi trattamenti superficiali e rivestimenti suddetti.

Si potrà anche impiegare materiale detritico ben pulito proveniente dallo stesso pietrisco formante la massicciata (se è previsto impiego di pietrisco), oppure graniglia e pietrischino, sempre dello stesso materiale. L'impiego dovrà essere regolato in modo che la saturazione dei vuoti resti limitata alla parte inferiore della massicciata e rimangano nella parte superiore per un'altezza di alcuni centimetri i vuoti naturali risultanti dopo completata la cilindratura: qualora vi sia il dubbio che per la natura o dimensione dei materiali impiegati potessero rimanere in questa parte superiore vuoti eccessivamente voluminosi a danno dell'economia del successivo trattamento, si dovrà provvedere alla loro riduzione unicamente mediante l'esecuzione dell'ultimo strato, che dovrà poi ricevere il trattamento, con opportu-

na mescolanza di diverse dimensioni dello stesso materiale di massiciata. La cilindratura sarà eseguita col numero di passate che risulterà necessario per ottenere il più perfetto costipamento in relazione alla qualità e durezza del materiale di massiciata impiegato, ed in ogni caso con numero non minore di 80 passate. La cilindratura di tipo completamente aperto differisce a sua volta dalle altre sopradescritte in quanto deve essere eseguita completamente a secco e senza impiego di sorta di materiali saturanti i vuoti. La massiciata viene preparata per ricevere la penetrazione, mediante cilindratura che non è portata subito a fondo, ma sufficiente a serrare fra loro gli elementi del pietrisco, che deve essere sempre di qualità durissima e preferibilmente siliceo, con le dimensioni appropriate, il definitivo completo costipamento viene affidato alla cilindratura, da eseguirsi successivamente alla applicazione del trattamento in penetrazione.

### **5.13. Massiciata a macadam ordinario**

Le massicciate da eseguire e conservare a macadam ordinario saranno semplicemente costituite con uno strato di pietrisco o ghiaia di qualità, durezza e dimensioni conformi o da mescolanza di dimensioni assortite secondo gli ordini che saranno impartiti in sede esecutiva dalla direzione dei lavori. I materiali da impiegare dovranno essere scevri di materie terrose, detriti, sabbie e comunque di materie eterogenee. Essi saranno posti in opera nell'apposito cassonetto spargendoli sul fondo e sottofondo eventuale configurati accuratamente in superficie secondo il profilo assegnato alla sagoma trasversale in rettilineo fissata nei precedenti articoli per queste massicciate, e a quello in curva che sarà ordinato dalla direzione dei lavori. Se per la massiciata è prescritta o sarà ordinata in sede esecutiva la cilindratura a fondo, questa sarà eseguita con le modalità relative al tipo chiuso descritto nel precedente articolo. In entrambi i casi si dovrà curare di sagomare nel modo migliore la superficie della carreggiata secondo i prescritti profili trasversali sopraindicati.

### **5.14 massiciata per il supporto di rivestimenti di notevole spessore**

Quando la massiciata è destinata a servire da supporto a rivestimenti di spessore relativamente notevole, assumendo così il compito quasi esclusivo di ridurre le pressioni trasmesse agli strati inferiori, possono usarsi materiali di costo limitato, in particolare pietrischetti della seconda categoria (fascicolo n. 4 edito dal consiglio

nazionale delle ricerche ultima edizione contenente le norme per l'accettazione dei pietrischi, pietrischetti, delle graniglie, delle sabbie e degli additivi per costruzioni stradali) e ghiaie. La tecnica della esecuzione è analoga a quella indicata per la formazione delle massicciate ordinarie, ma si può ridurre il lavoro di cilindatura occorrente per il costipamento aumentando il quantitativo del materiale di aggregazione o passando addirittura dall'impiego di materiale delle pezzature normali a quello di materiale di convenienti granulometrie estese sino ad includere le sabbie. A cilindatura finita la massiccata dovrà presentarsi chiusa ben assestata così da non dar luogo a cedimenti al passaggio del compressore.

#### **5.15. Massiccata in misto granulometrico a stabilizzazione meccanica**

Per le strade in terre stabilizzate da eseguirsi con misti granulometrici senza aggiunta di leganti si adopererà una idonea miscela di materiali a granulometria continua a partire dal limo argilla da mm 0,074 sino alla ghiaia (ciottoli) o pietrisco con massime dimensioni di 50 millimetri. La relativa curva granulometrica dovrà essere contenuta tra le curve limiti che determinano il fuso di Talbot. Lo strato dovrà avere un indice di plasticità tra 6 e 9 (salvo in condizioni particolari secondo rilievi di laboratorio alzare il limite superiore che può essere generalmente conveniente salga a 10) per avere garanzie che né la sovrastruttura si disgreghi né, quando la superficie è bagnata sia incisa dalle ruote, ed in modo di realizzare un vero e proprio calcestruzzo d'argilla con idoneo scheletro litico. A tal fine si dovrà altresì avere un limite di liquidità inferiore a 35 e ad un C.B.R. saturo a 2,5 millimetri di penetrazione non inferiore al 50%. Lo spessore dello strato stabilizzato sarà determinato in relazione alla portanza anche del sottofondo e dei carichi che dovranno essere sopportati per il traffico (max kg 8/cm<sup>2</sup> previsto per pneumatici di grossi automezzi dal nuovo codice della strada) mediante la prova di punzonamento C.B.R. (California bearing ratio) su campione compattato preventivamente col metodo Proctor. Il materiale granulometrico tanto che sia tout venat di cava o di frantumazione, tanto che provenga da banchi alluvionali opportunamente vagliati, il cui scavo debba essere corretto con materiali di aggiunta, ovvero parzialmente frantumati per assicurare un maggior ancoraggio reciproco degli elementi del calcestruzzo di argilla deve essere steso in cordoni lungo la superficie stradale. Successivamente si procede al mescolamento per ottenere una buona omogeneizzazione

mediante i motograder ed alla contemporanea stesa sulla superficie stradale. Poi dopo conveniente umidificazione in relazione alle condizioni si compatta lo strato con rulli gommati o vibranti sino ad ottenere una densità in posto non inferiore al 97% di quella massima ottenuta con la prova AASHO modificata. Per l'impiego, la qualità, le caratteristiche dei materiali e la loro accettazione l'impresa sarà tenuta a prestarsi in ogni tempo, a sue cure e spese, alle prove dei materiali da impiegare o impiegati presso un istituto sperimentale ufficiale. Le prove da eseguirsi correntemente saranno l'analisi granulometrica meccanica, i limiti di plasticità e fluidità, densità massima ed umidità ottima (prove di Proctor), portanza (C.B.R.) e rigonfiabilità, umidità in posto, densità in posto.

Il laboratorio da campo messo a disposizione dall'impresa alla direzione dei lavori dovrà essere dotato:

- a) serie di setacci per i pietrischetti diametri, 25, 15, 10, 5, 2; per le terre serie A.S.T.M. 10, 20, 40, 80, 140, 200;
- b) un apparecchio Proctor completo;
- c) un apparecchio per la determinazione della densità in posto;
- d) una stufetta da campo;
- e) una bilancia tecnica, di portata di 10 chilogrammi ad approssimazione di un grammo.

#### **5.16. Strati di fondazione in misto granulare stabilizzato**

A) Costituzione - Caratteristiche dei materiali. La fondazione in misto granulare sarà di norma costituita da una miscela di materiali granulari, stabilizzati meccanicamente. L'aggregato potrà essere costituito da ghiaie, detriti di cava o di frantoio, scorie, oppure da materiali di diversa provenienza, in proporzioni stabilite con indagini preliminari di laboratorio e di cantiere (stabilizzazione corretta granulometricamente), e tali comunque da rientrare nella curva granulometrica di cui alla Tabella seguente:

TERRE TIPO A (dimensione max 71 mm)			
CRIVELLI E SETACCI UNI mm			MISCELA Passante totale in peso %
Crivelli	2334	71	100-100
Crivelli	2334	30	70-100
Crivelli	2334	10	30-70

Crivelli	2334	5	23-55
Setaccio	2332	2	15-40
Setaccio	2332	0.4	8-25
Setaccio	2332	0.075	2-15

L'aggregato inoltre dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche:

- a) essere privo di elementi di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) essere costituito, per almeno il 20% in massa, di frantumato a spigoli vivi;
- c) avere un rapporto tra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 inferiore od uguale a 2/3;
- d) avere una percentuale di usura, determinata con la prova "Los Angeles", non superiore al 505;
- e) avere un coefficiente di frantumazione (norme CNR Fase IV/1953) non superiore a 200;
- f) avere un limite di liquidità (LL) minore di 25, un limite di plasticità (LP) non inferiore a 19, un indice di plasticità (IP) non superiore a 6 ed un limite di ritiro (LR) superiore all'umidità ottima di costipamento (limiti ed indici determinati sulla frazione passante al setaccio 0.4 UNI 2332);
- g) avere un indice di portanza B.B.R. (norma ASTM D 1883-61 T o UNI EN 13286-47) dopo 4 giorni di imbibizione in acqua, non minore di 50 (la prova dovrà essere eseguita sulla frazione passante al crivello 25 UNI. E' peraltro prescritto che tale condizione dovrà essere verificata per un intervallo di umidità di costipamento non inferiore al 4%).

Ove le miscele contenessero oltre il 60% in massa di elementi frantumati o a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate in a), b), d), e).

L'impresa indicherà pertanto alla Direzione Lavori il materiale che ritiene più idoneo al previsto impiego sia per i componenti che per la granulometria, e li sottoporrà a tutte le prove di laboratorio richieste, a propria cura e spese.

Avuto esito alle prove, la Direzione autorizzerà o meno l'impiego di tali materiali o ne disporrà le opportune correzioni.

B) Modalità di esecuzione. Preventivamente alla stesa dei materiali, il piano di posa delle sottofondazioni (sottofondo) dovrà essere opportunamente preparato,

e questo sia in rapporto alle quote ed alle sagome prescritte, sia in rapporto ai requisiti di portanza (che saranno assicurati con le modalità prescritte nel presente capitolato). Si richiama la norma, comunque, che la densità dello strato di sottofondo preparato, di spessore non inferiore a 30 cm, dovrà essere spinta fino ad ottenere un peso specifico apparente del secco di non meno del 95% del massimo ottenuto in laboratorio con la prova AASHO modificata. Sulla superficie così preparata verrà steso il materiale, in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm, uniformemente miscelato con idonee attrezzature. Ove necessaria l'aggiunta di acqua, per il raggiungimento dell'umidità prescritta o per compensare la naturale evaporazione, l'operazione sarà effettuata mediante appositi dispositivi spruzzatori.

Si darà inizio ai lavori soltanto quando le condizioni ambientali (umidità, pioggia, neve, gelo) non fossero tali da produrre danni o detrazioni alla qualità dello strato stabilizzato. Per temperature inferiori a 3 °C la costruzione verrà sospesa.

Il costipamento sarà effettuato con l'attrezzatura più idonea al tipo di materiale impiegato (rulli a piede di montone, carrelli pigiatori gommati, rulli vibratorii, rulli compressorii) e comunque approvata alla Direzione lavori. Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito fino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 97% della densità massima ottenuta con la prova AASHO modificata. Inoltre dovrà ottenersi che il modulo di deformazione (Md), misurato con prove di carico su piastra di 30 cm di diametro (nell'intervallo compreso tra 0.25 e 0.35 N/mm<sup>2</sup>) non risulti inferiore a 120 N/mm<sup>2</sup>.

La superficie di ciascuno strato dovrà essere rifinita secondo le inclinazioni, le livellette e le curvature previste dal progetto; dovrà risultare liscia, regolare, esente da buche ed al controllo con regolo da 4.50 metri, in due direzioni ortogonali, non dovrà presentare spostamenti dalla sagoma eccedenti la misura di 1 cm.

Sullo strato di stabilizzato granulometrico, a compattazione effettuata, sarà buona norma procedere con immediatezza all'esecuzione della pavimentazione. Se ciò non fosse possibile, si dovrà provvedere alla protezione della superficie con una mano di emulsione bituminosa saturata con graniglia.

Resta in ogni caso stabilito che l'accettazione da parte della D.L. dei materiali, delle miscele e delle modalità di impiego non solleva l'Appaltatore dalla re-

sponsabilità della perfetta riuscita della pavimentazione, restando eventualmente a suo esclusivo carico ogni intervento necessario per modifiche e correzioni e, dovesse occorrere, per il completo rifacimento della fondazione.

### 5.17. Strati di base in misto granulare stabilizzato

Saranno composti con miscele di ghiaia (pietrisco), sabbia, o con materiale "tout venant" la cui composizione granulometrica dovrà rientrare nei limiti fissati nella seguente tabella:

TERRE TIPO B (dimensione max 30 mm)			
CRIVELLI E SETACCI UNI mm			MISCELA Passante totale in peso %
Crivelli	2334	30	100-100
Crivelli	2334	15	70-100
Crivelli	2334	10	50-85
Crivelli	2334	5	33-65
Setaccio	2332	2	25-50
Setaccio	2332	0.4	15-30
Setaccio	2332	0.075	5-15

Per i misti granulari da impiegare negli strati di base valgono in generale le stesse prescrizioni relative ai misti di fondazione con le seguenti differenze.

- a) Il limite di liquidità (LL) non dovrà essere superiore a 35 e l'indice di plasticità (IP) dovrà essere compreso fra 4 e 9.
- b) L'aggregato grosso dovrà essere costituito di elementi non friabili aventi un coefficiente Deval non inferiore a 10 (ove per le dimensioni del materiale non fosse possibile eseguire la prova Deval, si eseguirà la determinazione del coefficiente di frantumazione, che dovrà risultare non maggiore di 160).
- c) L'indice di portanza C.B.R. non dovrà essere inferiore ad 80. Inoltre durante le prove di immersione in acqua non si dovranno verificare rigonfiamenti superiori allo 0.5%.

Il costipamento avverrà fino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 97% di quella ottenuta con la prova AASHO modificata ed un modulo di deformazione "Md", misurato con piastra di 30 cm di diametro (nell'intervallo compreso tra 0.35 e 0.45 N/mm<sup>2</sup>) non risulti inferiore a 120 N/mm<sup>2</sup>.

A lavoro ultimato la superficie degli strati non dovrà discostarsi dalla sagoma

di progetto di oltre 1 cm da controllarsi come indicato al precedente punto riguardante gli strati di fondazione.

### 5.18. Formazione di strati di fondazione in misto cementato

Il misto cementato è costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego<sup>1</sup> (misto granulare), trattata con un legante idraulico (cemento). La miscela deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole ed apprezzabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

#### A) Materiali costituenti e loro qualificazione.

**Aggregati** Gli aggregati sono gli elementi lapidei miscelando i quali si ottiene il misto granulare che costituisce la base del misto cementato. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n.5) e dagli aggregati fini.

L'*aggregato grosso* deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati<sup>2</sup>, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 5.18.1.

AGGREGATO GROSSO Tabella 5.18.1

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 30
Quantità di frantumato	-	%	≥ 30
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40
Sensibilità al gelo <sup>3</sup>	CNR 80/80	%	≤ 30
Passante al setaccio 0.075	CNR 75/80	%	≤ 1
Contenuto di:			
- Rocce reagenti con alcali del cemento		%	≤ 1

L'*aggregato fino* deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possedano le caratteristiche riassunte nella Tabella 5.18.2.

AGGREGATO FINO Tabella 5.18.2

<sup>1</sup> Per misti confezionati con aggregati riciclati si farà riferimento a studi specifici.

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalentente in sabbia	CNR 27/72	%	□ 30; □ 60
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	□ 25
Indice Plastico	CNR-UNI 10014	%	NP
Contenuto di:			
- Rocce tenere, alterate o scistose	CNR 104/84	%	□□1
- Rocce degradabili o solfatiche	CNR 104/84	%	□□1
- Rocce reagenti con alcali del cemento	CNR 104/84	%	□□1

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

**Cemento** Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI ENV 197-1:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 314. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 314

**Acqua** L'acqua deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva.

**Aggiunte** Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali. È ammesso l'utilizzo di *ceneri volanti* conformi alla norma UNI EN 450, sia

ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, sarà stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento indicato in prima istanza.

Miscela La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 5.18.3.

Tabella 5.18.3

TERRE TIPO B (dimensione max 30 mm)			
CRIVELLI E SETACCI UNI mm			MISCELA Passante totale in peso %
Crivelli	2334	40	100
Crivelli	2334	30	80 - 100
Crivelli	2334	25	72 - 90
Crivelli	2334	15	53 - 70
Crivelli	2334	10	40 - 55
Crivelli	2334	5	28 - 40
Setaccio	2332	2	18 - 30
Setaccio	2332	0.4	8 - 18
Setaccio	2332	0.18	6 - 14
Setaccio	2332	0.075	5 - 10

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti dosate in sostituzione del cemento stesso, ed il contenuto d'acqua della miscela, vanno espressi come percentuale in peso rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare di base.

Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29. In particolare la miscela adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella Tabella 5.18.4

Tabella 5.18.4

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 7gg	CNR 29/72	$2.5 \leq R_c \leq 4.5 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione indiretta a 7gg (Prova Brasiliana) <sup>4</sup>	CNR 97/84	$R_t \leq 0.25 \text{ N/mm}^2$

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resisten-

<sup>4</sup> I provini per la prova di trazione indiretta sono gli stessi impiegati per la prova di compressione (CNR BU 29)

za a compressione fino a 7.5 N/mm<sup>2</sup>.

Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 59a.

#### B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione effettuato, che non dovrà essere più vecchio di un anno.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

Nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali per l'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fino.

In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso.

Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di  $\pm 0.5\%$ .

#### C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

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

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

#### D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

#### E) POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della tavola si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

#### F) PROTEZIONE SUPERFICIALE DELLO STRATO FINITO

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 daN/m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di can-

tiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se previste nella determinazione della resistenze raggiunta dal misto.

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

#### G) CONTROLLI

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 1.5.18.5.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati, presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti., i controlli della percentuale di cemento e della distribuzione granulometrica dell'aggregato. I valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori. Per la determinazione del contenuto di cemento si farà riferimento alla norma UNI 63955.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 10%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco, per ogni cm di materiale mancante. Per carenze superiori al 40% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

<sup>5</sup> Il contenuto di fine (passante al setaccio UNI 0.25) degli aggregati è quello che risulta dai controlli effettuati sulle singole pezzature di aggregato fine ed aggregato grosso.

Sullo strato finito saranno effettuati i controlli delle densità in sito e della portanza.

A compattazione ultimata la densità in sito, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22. Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 5 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante, per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante, per densità in sito comprese tra 92 e 95 % del valore di riferimento.

La misura della portanza dovrà accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa, ai sensi di quanto previsto al punto 3.2. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo, sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato (prove di carico su piastra), che prove effettuate sullo strato ricoperto.

Nell'intervallo di tempo compreso tra le 3 e le 12 ore dalla compattazione degli strati di pavimentazione sovrastanti, la media dei valori di portanza (Md) del misto cementato su ciascun tronco omogeneo, non dovrà essere inferiore a quella prevista in progetto. Per misure di portanza inferiori fino al 15%, rispetto ai valori di progetto, al misto cementato viene applicata una detrazione del 10% del prezzo. Per carenze fino al 30%, al misto cementato viene applicata una detrazione del 20% del prezzo, mentre per carenze superiori al 30%, il tratto considerato deve essere demolito e ricostruito.

Se lo strato risulta già sanzionato per carenze dovute agli strati inferiori la detrazione verrà applicata solo per l'eventuale differenza, estesa agli strati sovrastanti.

Analogamente dovranno essere condotte prove volte a determinare il Modulo Elastico Dinamico del misto cementato che dovrà risultare conforme a quanto previsto in progetto.

Tabella 1.5.18.5

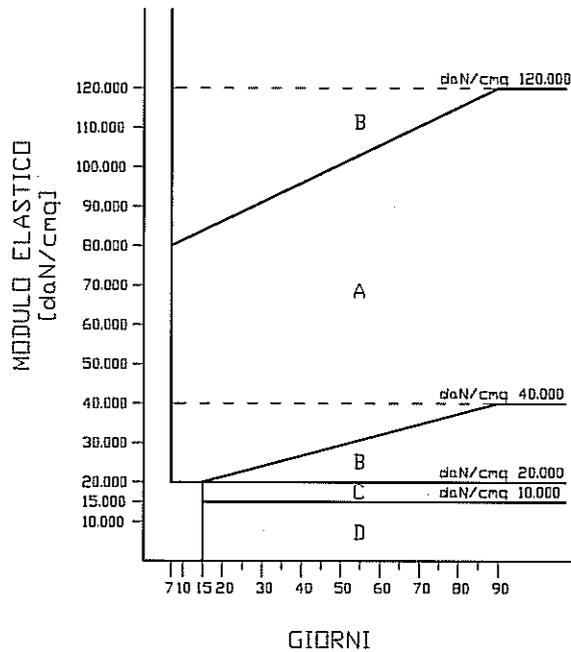
Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tab. 1.5.18.1
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tab 1.5.18.2
Acqua	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 1.5.18.1
Cemento	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 1.5.18.1
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Riferimento Par. 1.5.18.1
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure Ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Curva granulometrica di progetto; Contenuto di cemento
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 200m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela (AASHTO modificato)
Strato finito (portanza)	Strato finito	Ogni 200 m di fascia stesa	- Md = 1.500 daN nel 1° ciclo di carico nell'intervallo compreso tra 1.5 e 2.5 daN/cm <sup>2</sup> , rilevato in un tempo compreso tra 3 e 12 ore dalla compattazione
Strato finito (Modulo elastico dinamico)	Strato finito o pav.	Ogni 200 m di fascia stesa	- Modulo elastico dinamico (E <sub>d</sub> ) <sup>6</sup> compreso nel riquadro "A" dello schema seguente (*)

(\*) Tali misure andranno eseguite almeno sette giorni dopo la stesa ed il valore del modulo medio dovrà ricadere nel riquadro indicato con la lettera "A" dello schema seguente. Tra il valore massimo e quello minimo non ci dovrà essere una differenza superiore a 10.000 daN/cm<sup>2</sup>.

Qualora i valori delle medie ricadano nei riquadri indicati con le lettere B, C, D, la pavimentazione completa sarà penalizzata con riduzione del prezzo di elenco in ogni suo strato, e per il tratto omogeneo risultato non accettabile, in proporzione della sua minor durata e particolarmente:

- per modulo ricadente in B saranno effettuate detrazioni del 20%;
- per modulo ricadente in C saranno effettuate detrazioni del 30%;
- per modulo ricadente in D saranno effettuate detrazioni del 50%;

<sup>6</sup> Nel caso in cui non sia possibile effettuare le prove specifiche per la misurazione del modulo elastico E<sub>d</sub> se ne potrà stimare l'ordine di grandezza mediante la seguente formula: E<sub>d</sub> = 1,9 x M<sub>d</sub> (dove M<sub>d</sub> è il modulo di deformazione calcolato nell'intervallo tra 1.5 e 2.5 daN/cm<sup>2</sup> rilevato nel tempo compreso tra 3 e 12 ore dalla compattazione).



La superficie finita della fondazione non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm verificato a mezzo di un regolo di 4 m di lunghezza disposto secondo due direzioni ortogonali.

Detta tolleranza non dovrà essere superata nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario le zone con superficie irregolare saranno deprezzate del 15%

#### **5.19. Formazione di strati in conglomerato bituminoso a caldo tradizionale con e senza riciclato**

I conglomerati bituminosi a caldo tradizionali sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido, additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

##### A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

**Legante** Il legante deve essere costituito da bitume semisolido (tal quale) ed eventualmente da quello proveniente dal conglomerato riciclato additivato con ACF (attivanti chimici funzionali).

I bitumi sono composti organici costituiti sostanzialmente da miscele di idrocarburi, completamente solubili in solfuro di carbonio e dotati di capacità legante.

A seconda della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo 50/70 oppure 80/100 con le caratteristiche indicate nella Tabella 0.1 con preferenza per il 50/70 per le temperature più elevate.

Tabella 5.19.1				
Bitume				
parametro	Normativa	unità di misura	tipo 50/70	tipo 80/100
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70	80-100
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	46-56	40-44
Punto di rottura (Fraass)	CNR43 /74	°C	≤ - 8	≤ - 8
Solubilità	EN 12592	%	≥ 99	≥ 99
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa•s	≥ 0,15	≥ 0,10
<b>Valori dopo RTFOT</b>		EN12607-1		
Volatilità	CNR54/77	%	≤ 0,5	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 50	≥ 50
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 9	≤ 9

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

**Additivi** Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli *attivanti d'adesione*, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume – aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nelle Tabelle 5.19.3, 5.19.7 e 5.19.8. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Gli *attivanti chimici funzionali* (ACF) impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella Tabella 5.19.2.

Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto.

Per determinare la quantità di ACF da impiegare si deve preventivamente calcolare la percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere con la seguente espressione:

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

dove

$P_n$  = percentuale di legante nuovo da aggiungere riferita al totale degli inerti;

$P_t$  = percentuale totale di bitume nella miscela di inerti nuovi e conglomerato di riciclo;

$P_v$  = percentuale di bitume vecchio (preesistente) riferita al totale degli inerti;

$P_r$  = frazione di conglomerato riciclato rispetto al totale della miscela.

Il valore di  $P_t$  viene determinato con l'espressione:

$$P_t = 0,035 a + 0,045 b + cd + f$$

dove

$P_t$  = % di bitume in peso riferita alla miscela totale, espressa come numero intero;

$a$  = % di aggregato trattenuto al setaccio UNI 2 mm;

$b$  = % di aggregato passante al setaccio UNI 2 mm e trattenuto al setaccio 0,075 mm;

$c$  = % di aggregato passante al setaccio 0,075 mm;

$d$  = 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  $\leq$  6;

$f$  = parametro compreso normalmente fra 0,3 e 0,8, variabile in funzione dell'assorbimento degli inerti.

Si procede quindi a costruire in un diagramma viscosità (a 60 °C) percentuale di rigenerante (rispetto al legante nuovo) una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

$K$  = viscosità della miscela bitume estratto (metodo ASTM D5404-97) più bitume aggiunto nelle proporzioni determinate con le formule 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 Pa s, la percentuale di rigenerante necessaria.

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

La presenza degli ACF nel bitume viene accertata mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Tabella 5.19.2

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 1,0

**Aggregati** Gli aggregati lapidei, di primo impiego o di riciclo, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo tradizionali. Gli aggregati di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n. 5), degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati<sup>1</sup>, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle Tabelle 5.19.3.

### AGGREGATO GROSSO

Trattenuto al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	25	25	20
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	%	20	20	15
Quantità di frantumato	-	%	90	90	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	40	30	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	30	30	30
Spogliamento	CNR 138/92	%	5	5	0
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	1	1	1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%		25	20
Porosità	CNR 65/78	%		1,5	1,5
CLA	CNR 140/92	%			42

(\*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.

Nello strato di usura la miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica, con CLA = 43, pari almeno al 30% del totale.

In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa "resistente" o materiali similari, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (CLA = 50) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in peso comprese tra il 20% ed il 30% del totale, ad eccezione dell'argilla espansa che deve esse-

<sup>1</sup> Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

re di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione.

A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali devono possedere le caratteristiche riassunte nelle Tabelle 5.19.4 .

### AGGREGATO FINO

Tabella 15.19.4					
Passante al crivello UNI n. 5					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	□□50	□□60	□□80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.		
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	□□25		
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%		□□2	□□2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%		□□50	□□70

Per aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di CLA = 42.

Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali deve soddisfare i requisiti indicati in -Tabella 5.19.5.

Tabella 5.19.5					
Filler					
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione		
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base Binder Usura		
Spogliamento	CNR 138/92	%		□□5	
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%		100	
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%		□□80	
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014			N.P.	
Vuoli Rigden	CNR 123/88	%		30-45	
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	□PA		□□5	

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

**Conglomerato riciclato** Per conglomerato riciclato deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo).

Le percentuali in peso di materiale riciclato riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti di seguito specificati:

- conglomerato per strato di base  $\leq 30\%$ ;
- conglomerato per strato di collegamento  $\leq 25\%$ ;
- conglomerato per tappeto di usura  $\leq 20\%$ .

Per la base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza; per il binder materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura, per il tappeto materiale provenienti solo da questo strato.

La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

**Miscela** La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per i diversi strati, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 5.19.6.

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5.19.6.

Serie crivelli e setacci UNI		Base	Binder	Usura		
				A	B	C
Crivello	40	100	-	-	-	-
Crivello	30	80 - 100	-	-	-	-
Crivello	25	70 - 95	100	100	-	-

Crivello	15	45 - 70	65 - 85	90 - 100	100	-
Crivello	10	35 - 60	55 - 75	70 - 90	70 - 90	100
Crivello	5	25 - 50	35 - 55	40 - 55	40 - 60	45 - 65
Setaccio	2	20 - 35	25 - 38	25 - 38	25 - 38	28 - 45
Setaccio	0,4	6 - 20	10 - 20	11 - 20	11 - 20	13 - 25
Setaccio	0,18	4 - 14	5 - 15	8 - 15	8 - 15	8 - 15
Setaccio	0,075	4 - 8	4 - 8	6 - 10	6 - 10	6 - 10
% di bitume		4,0 - 5,0	4,5 - 5,5	4,8 - 5,8	5,0 - 6,0	5,2 - 6,2

Per i tappeti di usura il fuso A è da impiegare per spessori superiori a 4 cm, il fuso B per spessori di 3 - 4 cm, il fuso C per spessori inferiori a 3 cm.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate in Tabella 5.19.7 ed in Tabella 5.19.8.

Tabella 5.19.7		Strato pavimentazione		
METODO VOLUMETRICO	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Condizioni di prova				
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	Kpa	600		
Diametro del provino	mm	150		
<b>Risultati richiesti</b>				
Vuoli a 10 rotazioni	%	10 - 14	10 - 14	10 - 14
Vuoli a 100 rotazioni (*)	%	3 - 5	3 - 5	4 - 6
Vuoli a 180 rotazioni	%	> 2	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>			> 0,6
Coefficiente di trazione indiretta <sup>2</sup> a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>			>50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□□25	□□25	□□25
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>g</sub> (**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria				

Sulla miscela definita con la pressa giratoria (provini confezionati al 98% della DG) deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (modulo complesso, modulo elastico, ecc.) che deve soddisfare le prescrizioni per esso indicate nel progetto della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per i controlli alla stesa.

<sup>2</sup> Coefficiente di trazione indiretta  $CT1 = \pi/2 DR/Dc$  dove:

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino - Dc = deformazione a rottura - Rt = resistenza a trazione ind.

Tabella 5.19.8				
METODO MARSHALL	Strato pavimentazione			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Costipamento	75 colpi x faccia			
Risultati richiesti				
Stabilità Marshall	KN	8	10	11
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,5	3-4,5	3-4,5
Vuoli residui (*)	%	4-7	4-6	3-6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□□25	□□25	□□25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>			> 0,7
Coefficiente di frazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>			> 70
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>				

### B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  per lo strato di base e di  $\pm 3$  per gli strati di binder ed usura; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in  $\pm 2$ ; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm contenuti in  $\pm 1,5$ .

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stessa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

### C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

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

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo

drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Nel caso di eventuale impiego di conglomerato riciclato l'impianto deve essere attrezzato per il riscaldamento separato del materiale riciclato, ad una temperatura compresa tra 90°C e 110°C.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

C) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di *mano di ancoraggio* e *mano d'attacco*.

Per *mano di ancoraggio* si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 5.19.9, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 Kg/m<sup>2</sup>.

Tabella 5.19.9			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 55%
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	45±2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	55±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	1-6
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	2-6
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	> 70
Punto di rammolimento	CNR 35/73	°C	> 30

Per *mano d'attacco* si intende una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo), applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

Le caratteristiche ed il dosaggio del materiale da impiegare variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresentato da

una emulsione bituminosa cationica (al 60 % oppure al 65 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 1.5.19.10 , dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 Kg/m<sup>2</sup>.

Tabella 5.19.10				
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Cationica 60%	Cationica 65%
Polarità	CNR 99/84		Positiva	positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	40±2	35±2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	60±2	65±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	1-4	1-4
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	5-10	15-20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 8	< 8
<i>Residuo bituminoso</i>				
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	> 70	> 70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 40	> 40

Qualora il nuovo strato venga realizzato sopra una pavimentazione esistente è suggerito, in particolare per autostrade e strade extraurbane principali, l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate in Tabella 5.19.11, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 Kg/m<sup>2</sup>.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

Tabella 5.19.11			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Polarità	CNR 99/84		Positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	70±1
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 65
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	> 75

Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55% di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati rispettivamente nella Tabella 5.19.10 e nella Tabella 5.19.11.

Ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, prima dell'inizio dei

lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati ed a produrre copia dello studio prestazionale eseguito con il metodo ASTRA rilasciato dal produttore.

#### D) POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sgomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteo-

rologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15 t.

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

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

La miscela bituminosa dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. Nel caso di stesa in doppio strato essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## E) CONTROLLI

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 1.5.19.12.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sul conglomerato bituminoso prelevato dalla vibrofinitrice si valutano le caratteristiche meccaniche definite mediante opportuni parametri<sup>3</sup>. I valori di tali grandezze sono determinati su provini confezionati in laboratorio con pressa giratoria, fino al raggiungimento della densità pari a quella misurata su carote prelevate in situ.

Sulla pavimentazione finita, il controllo si esegue mediante indagine sul bacino di deflessione o con la stima delle caratteristiche meccaniche dei diversi strati costituenti la sovrastruttura.

La capacità portante della pavimentazione può essere determinata con il deflettometro Benkelmann (CNR 141/92) o con sistemi analoghi di tipo dinamico<sup>4</sup>.

Per l'accettazione della sovrastruttura deve verificarsi che i valori di deflessione misurati devono essere uguali o minori di quelli ammessi nel calcolo di progetto in relazione alla vita utile prevista per la pavimentazione e comunque non superiori a 0.5 mm.

La media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 Km) deve essere confrontata con il valore previsto in progetto.

Per risultati superiori fino al 10% alla pavimentazione (tutti gli strati) viene applicata una detrazione del 10% del prezzo; per risultati superiori compresi tra il 10% e il 15% viene applicata una penale del 20% per tutto il tratto omogeneo.

Per misure di deflessione superiori al 20% del valore ammissibile in progetto la

---

<sup>3</sup> Modulo elastico, modulo complesso E, angolo di fase  $\phi$ , ecc.

<sup>4</sup> Falling Weight Deflectometer, Curviametre, ecc.

pavimentazione deve essere demolita e ricostruita o, se l'andamento planimetrico lo consente, adeguatamente rinforzata con un nuovo strato in conglomerato bituminoso.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stessa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 10%.

Le stesse misure possono essere effettuate in continuo con apparecchiature georadar.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 10% del prezzo di elenco per ogni cm o frazione di materiale mancante.

Per carenze superiori al 30% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98%, del valore  $D_G$  (ovvero  $D_M$ ) risultante dallo studio della miscela. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 5 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 95 e 98 % di  $D_G$  (ovvero  $D_M$ );
- del 10 % dell'importo dello strato e del pacchetto sovrastante per densità in sito comprese tra 92 e 95 % di  $D_G$  (ovvero  $D_M$ ).

Per valori dei vuoti, determinati sulle carote, superiori a quelli previsti (ottenuti dalla miscela di progetto proposta dall'Impresa) verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12%.

Valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per il tappeto di usura il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato

con l'apparecchiatura SCRM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0,60. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 60.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm. Misure della macrorugosità eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo<sup>5</sup> devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 50 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 200 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate. Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") sia inferiore ai valori prescritti, il tappeto di usura viene penalizzato del 10% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di CAT o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,25 mm si deve procedere all'asportazione completa con fresa dello strato e alla stesa di un nuovo tappeto. In alternativa si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni, pur avendo superato il limite di accettabilità, non si raggiungessero i valori prescritti verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 1.5.19.1
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 1.5.19.3
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 1.5.19.4
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella 1.5.19.5
Base, Binder,	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 2.000 m <sup>2</sup> di ste-	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

			sa	
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 2.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 150 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 150 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Base, Binder	Carote x modulo	Pavimentazione	Ogni 150 m di fascia di stesa	90% del valore previsto in progetto
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	BPN □□□□□□ogni 50 m) HS □□□□4 mm CAT □□□□□□
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	Deformazione < 0,50 mm misurata con prova di carico su piastra (Ø300 mm - carico da 0.75 N/mmq)

### 5.20. Formazione di manti di usura speciali

Nel presente articolo sono trattati i conglomerati bituminosi a caldo cosiddetti di nuova generazione impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali.

Si tratta di conglomerati che, grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di pervenire a prestazioni di livello superiore in termini di durabilità, stabilità e sicurezza.

Tra i più diffusi manti di usura speciali sono da considerare i tappeti drenanti, i microtappeti a caldo e gli splittmastix. Per tutti questi manti, ed in particolare per i drenanti, l'elevato contributo fornito alla sicurezza suggerisce una progressiva maggiore applicazione sia nel caso di pavimentazioni di nuove strade, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.

Gli strati di usura drenanti sono tappeti dotati di elevata rugosità superficiale, drenanti e fonoassorbenti, in grado di fornire una buona aderenza anche in caso di pioggia e di abbattere il rumore di rotolamento.

I microtappeti a caldo sono manti di spessore ridotto, caratterizzati da una elevata rugosità superficiale, parzialmente drenanti e fonoassorbenti.

Gli splittmastix sono conglomerati chiusi, ad alto contenuto di graniglie e di legante, in grado di fornire rugosità superficiale, stabilità, resistenza alle deformazioni e all'ormaiamento.

#### A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

**Bitume** I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Per i **conglomerati bituminosi drenanti** il bitume deve essere del tipo A con le caratteristiche indicate nella Tabella 5.20.1

Per i *microtappeti a caldo* il bitume deve essere del tipo A con le caratteristiche indicate nella Tabella 5.20.1

Per gli *splittmastix*, a seconda del tipo di strada, del traffico e della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo del tipo A oppure del tipo B con le caratteristiche indicate nella Tabella 5.20.1.

Bitume				
Parametro	Normativa	unità di misura	tipo A	tipo B
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70	50/70
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≥ 65	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	CNR43 /74	°C	≤ - 15	≤ - 12
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa·s	≥ 0,4	≥ 0,25
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 75%	≥ 50%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN 13399	°C	≤ 0,5	≤ 0,5
<b>Valori dopo RTFOT</b>	EN12607-1			
Volatilità	CNR54/77	%	≤ 0,8	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 60	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 5	≤ 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

**Additivi** Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli *attivanti d'adesione*, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume – aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nelle Tabelle 5.20.2, 5.20.6 e 5.20.7. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Le fibre minerali nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler+bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc.

**Aggregati** Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati per manti di usura speciali.

Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n.5), degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

L'aggregato grosso deve essere costituito da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee o da elementi naturali tondeggianti frantumati<sup>1</sup>. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 5.20.2.

Tabella 5.20.2			
AGGREGATO GROSSO			
Trattenuto al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	□ 20
Micro Deval umida	CNR 109/85	%	□ 15

<sup>1</sup> Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

Quantità di frantumato	-	%	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	□□30
Spogliamento	CNR 138/92	%	0
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	□□1
Coefficiente di forma	CNR 95/84		□□3
Coefficiente di appiattimento	CNR 95/84		□□1,58
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	□□20
Porosità	CNR 65/78	%	□□1,5
CLA	CNR 140/92	%	□□45

L'aggregato fino deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 5.20.3.

Il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10% qualora gli aggregati fini provengano da rocce aventi un valore di  $CLA \leq 42$ .

Tabella 5.20.3			
AGGREGATO FINO			
Passante al crivello UNI n. 5			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	□□80
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	□□2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	100

Il *filler*, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi di usura speciali deve soddisfare i requisiti indicati nella Tabella 5.20.4.

Tabella 5.20.4			
FILLER			
Indicatori di qualità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Spogliamento	CNR 138/92	%	□□5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	□□80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power	CNR 122/88	□PA	□□5
Rapporto filler/bitume = 1,5			

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

*Miscela* La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi drenanti deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso

riportato in Tabella 1.5.20.5.

Nelle zone in cui si vuole ulteriormente favorire l'aderenza e la fono-assorbimento della pavimentazione può essere consentito l'uso di un 10% in peso di argilla espansa di tipo "strutturale" di pezzatura 6/15 mm rispondente alle seguenti caratteristiche:

- resistenza allo schiacciamento:  $\geq 35$  daN/cm<sup>2</sup> (UNI EN 13055-1);
- C.L.A.:  $\geq 0,65$  (CNR 140/92).

La miscela, per migliorare la stabilità del mastice bituminoso, può essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5.20.5.

Serie crivelli e setacci UNI		% Passanti
Crivello	20	100
Crivello	15	80 – 100
Crivello	10	20 – 40
Crivello	5	15 – 25
Setaccio	2	10 – 20
Setaccio	0,4	8 – 12
Setaccio	0,18	7 – 10
Setaccio	0,075	5 – 7
Percentuale di bitume		5,0 – 6,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate nella Tabella 5.20.6 e nella Tabella 5.20.7.

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diámetro del provino	mm	150
<b>Risultati richiesti</b>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	20 – 24
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	16 – 18
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 13
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 0,4
Coefficiente di trazione indiretta <sup>2</sup> a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 30

<sup>2</sup> Coefficiente di trazione indiretta

Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□□25
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con $D_c$		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	> 5
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,0
Vuoti residui (*)	%	> 18
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□□25
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 0,4
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 30
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con $D_M$		

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

Per le autostrade e le strade extraurbane principali si deve valutare anche l'ERNL Emission Road Noise Level, rumore di rotolamento producibile. I valori di tale parametro determinati su provette parallelepipedo di 40x40x10 cm confezionate con la miscela ottimizzata devono essere inferiori a 70 dB(A).

La miscela degli aggregati da adottarsi per i *microtappeti a caldo* deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 5.20.8.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5.20.8.

Serie crivelli e setacci UNI		%Passanti
Crivello	15	100
Crivello	10	90 -100
Crivello	5	20 -30
Setaccio	2	15 -25
Setaccio	0,4	8 -16
Setaccio	0.18	6 -12
Setaccio	0.075	5 -10
Percentuale di bitume		5,0 - 6,0

$$CTI = \pi/2 DR/D_c$$

dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

$D_c$  = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In alternativa, in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate nella Tabella 15.20.9 e nella Tabella 15.20.10.

Tabella 5.20.9		
METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	18 - 22
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	10 - 14
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 0,14
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 25
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□□□5
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>5</sub>		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

Tabella 5.20.10		
METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>6
Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 - 3,0
Vuoti residui (*)	%	10 - 14
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□□□5
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 0,45
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 45
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		

Il peso di volume deve essere calcolato tenendo conto del volume geometrico del provino.

La miscela degli aggregati da adottarsi per gli *splittmastix* dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 5.20.11.

La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, dovrà esse-

re compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella 5.20.11.

Setacci ASTM		Tipo 0/12	Tipo 0/8	Tipo 0/5
Setaccio	¾"	100		
Setaccio	½"	90 - 100	100	
Setaccio	3/8"	53 - 75	90 - 100	100
Setaccio	n. 4	30 - 55	30 - 48	90 - 100
Setaccio	n. 10	20 - 30	18 - 28	16 - 26
Setaccio	n. 40	12 - 22	10 - 20	10 - 18
Setaccio	n. 80	9 - 18	9 - 18	9 - 16
Setaccio	n. 200	8 - 12	8 - 12	8 - 12
Percentuale di bitume		6,5 - 7,5	6,5 - 7,5	7,0 - 8,0

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico. In via transitoria si potrà utilizzare, in alternativa, il metodo Marshall.

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Le caratteristiche richieste per lo splittmastix sono riportate nella Tabella 5.20.12 e nella Tabella 5.20.13.

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diámetro del provino	mm	150
<b>Risultati richiesti</b>		
Vuoli a 10 rotazioni	%	8 - 12
Vuoli a 50 rotazioni (*)	%	2 - 4
Vuoli a 130 rotazioni	%	≥ 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 0,5
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 45
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua		
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>6</sub>		
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
<b>Risultati richiesti</b>		
Stabilità Marshall	KN	> 9

Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 – 3,0
Vuoti residui (*)	%	2 – 4
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	□□□5
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 0,60
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 40
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		

### B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, 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 da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 3$ , del contenuto di aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) di  $\pm 2$ , del passante al setaccio UNI 0,075 mm di  $\pm 1,5$ .

Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$ .

Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto e alla stesa come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

### C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

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

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

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.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante tra 160° C e 180° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

#### D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del *manto di usura drenante* o del *microtappeto a caldo* è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio e l'impermeabilizzazione dello strato sottostante.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato, spruzzata con apposita spanditrice automatica in modo che il bitume residuo risulti pari a 1,20 Kg/m<sup>2</sup> per le usure drenanti e di 1,00 Kg/m<sup>2</sup> per i microtappeti a caldo; in alternativa può essere utilizzato bitume modificato steso a caldo nella stessa quantità per unità di superficie.

Per il manto di usura di tipo *splittmastix* la mano d'attacco ha solo lo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante. Anche in questo caso può essere impiegata emulsione di bitume modificato, oppure bitume modificato steso a caldo, in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,50 Kg/m<sup>2</sup>.

Sulla mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, dovrà seguire immediatamente la granigliatura con aggregati di pezzatura 4/8 mm in ragione di 6/8 litri al metro quadrato. Allo stesso scopo potrà essere utilizzata sabbia o calce idrata. L'emulsione per mano d'attacco deve rispondere ai requisiti riportati in Tabella 5.20.14

Tabella 1.5.20.14			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Contenuto di acqua	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di legante	CNR 100/84	%	70±1
Contenuto di bitume	CNR 100/84	%	> 69
Contenuto flussante	CNR 100/84	%	0
Demulsività	ASTM D244		50-100
Omogeneità	ASTM D244	%	< 0,2
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 65
Punto di rottura (Frass)	CNR43/74	°C	≤ - 15
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	> 75

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche indicate in Tabella 5.20.1.

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

#### E) POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La posa in opera dei manti di usura speciali viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3 – 4 m/min con alimentazione continua del conglomerato.

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.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio

verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa.

La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso

massimo di 15t (10t per i microtappeti a caldo).

Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

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

#### F) CONTROLLI

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per manti di usura speciali e

della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella 5.20.16.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati, la quantità di attivante d'adesione, la quantità di fibre e vengono inoltre controllate le caratteristiche di idoneità mediante la Pressa Giratoria.

I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Brasiliana).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate prove Marshall: peso di volume ( $D_M$ ), stabilità e rigidità (CNR 40/73); percentuale dei vuoti residui (CNR 39/73); resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana – CNR 134/91).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stessa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%.

Le stesse misure possono essere effettuate in continuo con apparecchiature georadar.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 10% del prezzo di elenco per ogni cm o frazione di materiale mancante.

Per carenze superiori al 30% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

La densità in sito, nel 95% dei prelievi, deve essere non inferiore al 98%, del va-

lore  $D_G$  (ovvero  $D_M$ ) risultante dallo studio della miscela. Le misure di densità vengono effettuate su carote prelevate dalla stesa oppure eseguite con sistemi non distruttivi, quali nucleo densimetri o simili, individuati dalla DL in accordo con l'Impresa, prima dell'inizio dei lavori.

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 5 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 95 e 98 % di  $D_G$  (ovvero  $D_M$ );

- del 10 % dell'importo dello strato per densità in sito comprese tra 92 e 95 % di  $D_G$  (ovvero  $D_M$ ).

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare  $\geq 0,53$  per il tappeto di usura drenante,  $\geq 0,58$  per il microtappeto a caldo,  $\geq 0,62$  per lo splittmastix. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number)  $\geq 55$  per il tappeto di usura drenante,  $\geq 60$  per il microtappeto a caldo,  $\geq 65$  per lo splittmastix.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83 deve essere  $\geq 0,8$  per il tappeto di usura drenante,  $\geq 0,6$  per il microtappeto a caldo,  $\geq 0,5$  per lo splittmastix. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature a rilievo continuo<sup>3</sup> devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite correlazioni.

Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") sia inferiore ai valori prescritti, il manto di usura speciale (di qualsiasi tipo) viene penalizzato del 5% del suo costo.

La capacità drenante media, eseguita in sito ogni 250 m sfalsando di volta in volta la corsia e misurata con permeabilmetro a colonna d'acqua di mm 250 su

<sup>3</sup> Mini texture meter (WDM - TRRL), SUMMS, ecc.

un'area di 154 cm<sup>2</sup>, deve essere,  $\geq 18$  dm<sup>3</sup>/min per il tappeto di usura drenante (spessori della pavimentazione compresi tra 4 e 5 cm),  $\geq 5$  dm<sup>3</sup>/min per il microtappeto a caldo. Le misure possono essere fatta anche con apparecchi ad alto rendimento; in tal caso i valori devono essere riportati a quelli rilevati con il permeabilmetro.

Se non si raggiungerà il valore di capacità drenante previsto verrà applicata una riduzione del 5% del prezzo comprensivo della mano d'attacco.

Per il tappeto di usura drenante viene inoltre determinata la fono-assorbenza mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso<sup>3</sup>, eseguiti dopo il 15 giorno dalla stesa del conglomerato.

Il coefficiente di fono-assorbenza ( $\alpha$ ) in condizioni di incidenza normale deve risultare:

Tabella 5.20.15	
Frequenza (Hz)	Coefficiente di fono-assorbenza ( $\alpha$ )
630	$\alpha \geq 0,03$
800	$\alpha \geq 0,20$
1000	$\alpha \geq 0,35$
1600	$\alpha \geq 0,20$
2000	$\alpha \geq 0,20$

Per ogni valore di  $\alpha$  non raggiunto viene applicata una penale del 1% (unper cento).

Tabella 5.20.16					
EXTRAURBANE SECONDARIE E URBANE DI SCORRIMENTO STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI					
Controllo dei materiali e verifica prestazionale					
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI	
Drenante Microtappeto Splittmastix	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento 1.5.20.1	Tabella
Drenante Microtappeto Splittmastix	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento 1.5.20.2	Tabella
Drenante Microtappeto Splittmastix	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento 1.5.20.3	Tabella
Drenante Microtappeto Splittmastix	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento 1.5.20.4	Tabella
Drenante Microtappeto Splittmastix	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela	
Drenante Microtappeto	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto	

<sup>3</sup> veicolo RIMA o equivalenti

Splittmastix				
Drenante Microtappeto Splittmastix	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia stesa	BPN $\geq$ 55
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia stesa	BPN $\geq$ 60
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia stesa	BPN $\geq$ 65
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia stesa	HS $\geq$ 0,8 mm
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia stesa	HS $\geq$ 0,6 mm
Splittmastix	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	HS $\geq$ 0,5 mm
Drenante	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Capacità drenante $\geq$ 18 dm <sup>3</sup> /min
Microtappeto	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Capacità drenante $\geq$ 5 dm <sup>3</sup> /min
Tappeti	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia stesa	Deformazione < 0,50 mm misurata con prova di ca- ricio su piastra ( $\varnothing$ 300 mm - carico da 0.75 N/mmq)

## 6. ALTRE SPECIFICHE TECNICHE E NORME GENERALI DI COLLOCAMENTO IN OPERA DI LAVORAZIONI EVENTUALMENTE UTILIZZABILI NELLA REALIZZAZIONE DEI LAVORI

### 6.1. Norme per la costipazione di sovrastrutture in terra stabilizzata con legante bituminoso

In detto tipo di sovrastruttura la massima dimensione degli elementi lapidei facenti parte del terreno non deve essere maggiore di 1/3 dello spessore finito dello strato stabilizzato. Il terreno dovrà essere libero da materie organiche, radici, ecc., e, di norma, dovrà avere la seguente composizione granulometrica:

*Denominazione dei setacci del passante - Percentuale*

n. 4 (4,76 mm)	50 o più
n. 40 (0,42 mm)	da 50 a 100
n. 200 (0.074 mm)	non più di 35

La frazione passante al setaccio n. 40 dovrà avere un limite liquido inferiore a 30 e un indice di plasticità inferiore a 10. Norme particolari verranno impartite dalla direzione dei lavori qualora si debbano stabilizzare terreni dei seguenti tipi:

- terreni ad elevato limite di plasticità;
- sabbie pure.

I leganti bituminosi potranno essere costituiti da bitumi flussati del tipo a rapido o media maturazione oppure da emulsioni bituminose di tipo stabile approvate dalla direzione dei lavori. Il dosaggio di legante bituminoso da aggiungere al

terreno verrà stabilito dalla direzione dei lavori. L'acqua da usarsi dovrà essere esente da qualsiasi sostanza organica, da acidi, da alcali, ecc. La campionatura del materiale costituente il terreno che entra a far parte della miscela dovrà essere prelevato ad intervalli di 150 metri almeno su ciascun tratto di strisce da lavorare. Campioni rappresentativi della struttura ultimata dovranno essere prelevati almeno ogni 40 metri per la determinazione in laboratorio del contenuto di legante bituminoso. Tutto il macchinario destinato alla polverizzazione del terreno, all'applicazione del legante bituminoso, al costipamento ed alla rifinitura secondo le presenti norme dovrà avere l'approvazione della direzione dei lavori. Tale attrezzatura sarà costituita da:

1) macchine stabilizzatrici che potranno essere dei seguenti tipi:

a) tipo che scarifica polverizza il terreno e la miscela in unica passata col legante bituminoso, lasciando la miscela depositata dietro di sé e pronta per le successive operazioni di aerazione, livellamento e costipamento;

b) tipo che effettua il proporzionamento e il miscelamento del materiale in mucchi lasciando la miscela ad avvenuta lavorazione sempre in formazione di mucchi e pronta per le successive operazioni di stesura, aereazione, livellamento e costipamento.

Entrambi i tipi suindicati dovranno essere in grado di assicurare la aggiunta di legante bituminoso con la precisione dello 0,5% sulle quantità prestabilite.

2) Attrezzature sussidiarie costituite da:

a) serbatoi mobili per il legante bituminoso;

b) autobotti per acqua;

c) motolivellatrici;

d) frangizolle o macchine adatte per rimiscelare il materiale per il caso che non si intenda di impiegare per l'aereazione la stessa attrezzatura usata per la formazione della miscela;

e) terne di rulli a piè di pecora capaci di sviluppare la pressione specifica all'estremità dei piedi che verrà stabilita dalla direzione dei lavori;

f) carrelli pigiatori gommati a ruote multiple aventi le caratteristiche di carico per ruota e di pressione specifica che verranno stabilite dalla direzione dei lavori;

- g) rulli lisci del peso che verrà stabilito dalla direzione dei lavori;
- h) spazzolatrici.

Il laboratorio da campo dovrà essere attrezzato in modo da consentire oltre le prove previste nei precedenti articoli, anche le seguenti:

- a) determinazione della percentuale di acqua nelle emulsioni bituminose;
- b) determinazione della percentuale di bitume nella miscela terra-bitume;
- c) determinazione della stabilità della miscela terra-bitume (Hubbard-Field), o apparecchiatura similare;
- d) determinazione della viscosità Engler.

L'impresa è tenuta a mettere la direzione dei lavori in condizioni di poter seguire eventuali altre prove che essa direzione dovesse richiedere presso il laboratorio centrale dell'impresa o presso quel laboratorio a cui l'impresa affida l'esecuzione delle analisi. Prima dell'aggiunta del legante bituminoso si dovrà mettere il terreno in condizione di avere un contenuto di umidità inferiore al 4% in peso del peso secco del materiale e dovrà essere regolato con essiccazione o con aggiunta d'acqua a seconda dei dosaggi stabiliti dalla direzione dei lavori. Il terreno, ad esclusione degli elementi lapidei, dovrà essere polverizzato fino a che l'85% passi attraverso il setaccio da 3/8" (9,52 millimetri) e non meno del 75% passi attraverso il setaccio n. 4 (4,76 millimetri). Non si dovrà procedere alla costruzione di sovrastrutture in terra stabilizzata con legante bituminoso durante periodi eccessivamente freddi o umidi senza autorizzazione scritta della direzione dei lavori. Il legante bituminoso non dovrà essere applicato qualora la temperatura ambiente sia inferiore a 10° centigradi. Le temperature alle quali dovranno essere portate eventualmente i leganti bituminosi verranno, a seconda del tipo di legante usato e a seconda delle condizioni ambientali e stagionali, stabilita di volta in volta dalla direzione dei lavori. Dopo che il terreno sarà miscelato col legante bituminoso, la miscela dovrà essere aerata fino a raggiungere un contenuto di umidità non superiore al contenuto ottimo, stabilito dalla direzione dei lavori per un appropriato costipamento. Il sistema per ridurre il contenuto di umidità della miscela è quello di procedere alla aerazione effettuata con motolivellatrici, aratri a dischi, mescolatrici di terreno, rastrelli, frangizolle e le stesse macchine stabilizzatrici. Per il costipamento potranno usarsi oltre le macchine più sopra indicate, anche, se richiesto dalla direzione dei

lavori, l'uso di rulli vibranti del tipo che verrà indicato dalla direzione stessa. A sovrastruttura ultimata, dopo 48 ore, dovrà essere protetta la superficie con l'applicazione di un velo legante bituminoso dello stesso tipo usato per formare la miscela in quantità generalmente equivalente alla spalmatura di seconda mano dei trattamenti superficiali (circa kg 0,5 mq).

### **6.2. Preparazione della superficie delle massicciate cilindrate da sottoporre a trattamenti superficiali o semipenetrazioni o a penetrazioni**

L'applicazione sulla superficie delle massicciate cilindrate di qualsiasi rivestimento, a base di leganti bituminosi, catramosi od asfaltici, richiede che tale superficie risulti rigorosamente pulita, e cioè scevra in modo assoluto di polvere e fango, in modo da mostrare a nudo il mosaico dei pezzi di pietrisco. Ove quindi la ripulitura della superficie della massicciata non sia già stata conseguita attraverso ad un accurato preventivo lavaggio del materiale costituente lo strato superiore, da eseguirsi immediatamente prima dello spandimento e della compressione meccanica, la pulitura si potrà iniziare con scopatrici meccaniche, cui farà seguito la scopatura a mano con lunghe scope flessibili. L'eliminazione dell'ultima polvere si dovrà fare di norma con acqua sotto pressione, salvo che la direzione dei lavori consenta l'uso di soffiatrici che eliminino la polvere dagli interstizi della massicciata. Sarà di norma prescritto il lavaggio quando, in relazione al tipo speciale di trattamento stabilito per la massicciata, il costipamento di quest'ultima superficie sia tale da escludere che possa essere sconvolta dalla azione del getto d'acqua sotto pressione, e si impieghino, per il trattamento superficiale, emulsioni. Per leganti a caldo, per altro, il lavaggio sarà consentito solo nei periodi estivi; sarà comunque escluso quando le condizioni climatiche siano tali da non assicurare il pronto asciugamento della massicciata che possa essere richiesto dal tipo di trattamento o rivestimento da eseguire sulla massicciata medesima, in modo da tener conto della necessità di avere, per quei trattamenti a caldo con bitume o catrame che lo esigono, una massicciata perfettamente asciutta.

### **6.3. Eventuali delimitazione e protezione dei margini dei trattamenti bituminosi**

Nella prima esecuzione dei trattamenti protetti a base di leganti quando la direzione dei lavori lo richieda e ciò sia contemplato nel prezzo di elenco, l'impresa dovrà provvedere alla loro delimitazione lungo i margini con un bordo di pietri-

schetto bitumato della sezione di cm 5 x 8. A tale scopo, prima di effettuare la pulitura della superficie della massiciata cilindrata che precede la prima applicazione di leganti, verrà, col piccone, praticato un solco longitudinale, lungo il margine della massiciata stessa, della profondità di circa 5 centimetri e della larghezza di circa cm 8. Ultimata la ripulitura, ed asportate le materie che avessero eventualmente ostruito il solco, si delimiterà, in aderenza al margine della massiciata, il vano che dovrà riempirsi con pietrischetto bitumato, mediante regoli aventi la faccia minore verticale e sufficientemente sporgenti dal suolo, i quali saranno esattamente collocati in modo da profilare nettamente il bordo interno verso l'asse stradale. Riempito quindi il vano con pietrischetto bitumato, si procederà ad una accurata battitura di questo ultimo mediante sottili pestelli metallici di adatta forma, configurando nettamente la superficie superiore del cordolo all'altezza di quella della contigua massiciata. Si procederà poi al previsto trattamento di prima applicazione, coprendo anche la superficie del cordolo, dopo di che, e successivamente, con le norme di cui in appresso relative ai vari trattamenti, si provvederà allo spargimento di graniglia ed alla successiva bitumatura. La rimozione dei regoli di contenimento del bordo non verrà fatta se prima quest'ultimo non abbia raggiunto una sufficiente consistenza tale da evitarne la deformazione. Prima della esecuzione, a ricalzo del bordo verso l'esterno, verrà adoperato il materiale detritico proveniente dalla apertura del solco. Il pietrischetto da impiegarsi per il bordo sarà preparato preferibilmente a caldo: è ammesso, peraltro, anche l'impiego di materiale preparato con emulsioni bituminose, purché la preparazione sia fatta con qualche giorno di precedenza e con le debite cure, in modo che i singoli elementi del pietrischetto risultino bene avviluppati da bitume già indurito e che la massa sia del tutto esente da materie estranee e da impurità.

#### **6.4. Trattamenti superficiali ancorati eseguiti con emulsioni bituminose**

La prima applicazione di emulsione bituminosa sarà fatta generalmente a spruzzo di pompe a piccole dimensioni da applicarsi direttamente ai recipienti, eccezionalmente a mano con spazzoloni di piassave, regolando comunque l'uniformità della stesa del legante, rinunciando, ormai quasi sempre e per avere una sufficiente durata del manto, al puro trattamento superficiale semplice, ed effettuando, quindi, una vera e propria, sia pur limitata, semipenetrazione parziale (d'onde il

nome di trattamento superficiale ancorato); non si dovrà mai scendere sotto, nella prima mano, di kg 3 per metro quadrato e dovranno adoperarsi emulsioni al 55% sufficientemente viscosi. Si dovrà poi sempre curare che all'atto dello spandimento sia allentata la rottura dell'emulsione perché lo spandimento risulti favorito: e quindi, ove nella stagione calda la massicciata si presentasse troppo asciutta, essa dovrà essere leggermente inumidita. Di norma, in luogo di procedere alla stesa dell'emulsione in un sol tempo, tanto per evitare dispersione di legante nella massicciata quanto per assicurarsi che la massicciata sia stata ben cilindrata a fondo, senza che si faccia assegnamento sull'azione del legante per ovviare a difetti di frettolosa cilindatura, e soprattutto onde ottenere che già si costituisca una parte di manto di usura, si suddividerà in due successivi spandimenti: la prima mano spandendo in un primo tempo kg 2,000 di emulsione per metro quadrato di superficie di carreggiata, e praticando subito dopo un secondo spandimento di kg 1,000 di emulsione facendo seguire sempre ai trattamenti una leggera cilindatura. La quantità complessiva di graniglia di saturazione delle dimensioni da 10 a 15 per la prima stesa e da 5 mm circa per la seconda mano, salirà ad almeno 20 litri per metro quadrato per i due tempi e di ciò si terrà conto nel prezzo. Aperta la strada al traffico, dopo i due tempi, l'impresa dovrà provvedere perché per almeno otto giorni dal trattamento il materiale di copertura venga mantenuto su tutta la superficie, provvedendo se del caso, ad aggiunta di pietrischetto. Dopo otto giorni si provvederà al recupero di tutto il materiale non incorporato. L'applicazione della seconda mano (spalmatura che costituirà il manto di usura) sarà effettuato a non meno di un mese dallo spargimento dell'emulsione del secondo tempo della prima mano, dopo aver provveduto all'occorrenza ad una accurata rappezzatura della già fatta applicazione ed al nettamento della superficie precedentemente bitumata. Tale rappezzatura sarà preferibilmente eseguita con pietrischetto bitumato. Il quantitativo di emulsione bituminosa da applicare sarà non meno di kg 1,200 per metro quadrato, salvo maggiori quantitativi che fossero previsti nell'elenco dei prezzi. Allo spandimento dell'emulsione seguirà - immediatamente dopo o con un certo intervallo di tempo, a seconda della natura dell'emulsione stessa - lo spargimento della graniglia (normale o pietrischetto) di saturazione della dimensione di circa 8 millimetri della quantità complessiva di circa un metro cubo per

ogni 100 metri quadrati di carreggiata e lo spandimento sarà seguito da una leggera rullatura da eseguirsi preferibilmente con rullo compressore a tandem. Detto pietrischetto o graniglia proverrà prevalentemente da idonee rocce di natura ignea comunque aventi resistenza alla compressione non inferiore a 1500 kg/cm, coefficiente di frantumazione non superiore a 125 - coefficiente di qualità non inferiore a 14.

I quantitativi di emulsione bituminosa e di graniglia potranno variare all'atto esecutivo con susseguente variazione dei prezzi. E' tassativamente vietato il reimpiego del materiale proveniente dalla prima mano rimasto libero che viene raccolto mediante scopatura del piano viabile prima della applicazione della seconda mano. Nella pezzatura della graniglia si dovrà essere assolutamente esigenti evitando il moniglio così da avere una superficie sufficientemente scabra a lavoro finito. Lo spandimento del materiale di ricoprimento dovrà preferibilmente essere fatto con macchine che assicurino una distribuzione perfettamente uniforme. Il quantitativo di materiale bituminoso sparso verrà controllato per confronto della capacità dei serbatoi delle macchine distributrici e l'area coperta con l'erogazione del contenuto di un serbatoio. Si compileranno comunque, secondo le norme che impartirà la direzione dei lavori, verbali e rapportini circa i fusti giunti in cantiere, il loro peso medio accertato, il loro essere più o meno pieni, il peso dei fusti vuoti dopo l'uso. Per il controllo della qualità del materiale impiegato si preleveranno campioni che saranno avviati ai laboratori per le occorrenti analisi e prove. Indipendentemente da quanto potrà risultare dalle prove di laboratorio e dal preventivo benessere 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 sufficienti risultati e che sotto l'azione delle piogge abbiano dato segno di rammollimenti, stemperamento e si siano dimostrate soggette a facili asportazioni mettendo a nudo le sottostanti massicciate.

#### **6.5. Trattamenti superficiali ancorati eseguiti con una prima mano di emulsione bituminosa a freddo e la seconda con bitume a caldo**

Per la preparazione della superficie stradale e per la prima applicazione di emulsione bituminosa a semipenetrazione valgono in tutto le norme stabilite dall'articolo precedente. La direzione dei lavori potrà egualmente prescrivere l'applicazione

del primo quantitativo di emulsione suddividendo i kg 3,000 (o altra maggiore quantità che fosse prescritta) in due tempi con conseguente aumento di materiale di copertura. L'applicazione di bitume a caldo per il trattamento superficiale sarà fatta con kg 1 di bitume per metro quadrato facendo precedere un'accurata ripulitura del trattamento a semipenetrazione, la quale sarà fatta esclusivamente a secco e sarà integrata se del caso dagli eventuali rappezi che si rendessero necessari, da eseguirsi di norma con pietrischetto bitumato. Detta applicazione sarà eseguita sul piano viabile perfettamente asciutto ed in periodo di tempo caldo e secco: si dovrà quindi tener presente che i mesi più favorevoli sono quelli da maggio a settembre, salvo un ottobre particolarmente caldo; che se la superficie stradale è troppo fredda, od umida, non si ottiene aderenza del legante; che in caso di pioggia il lavoro deve sospendersi. Condizione ideale sarebbe che la temperatura della strada raggiungesse i 40°. Il bitume sarà riscaldato a temperatura tra 160° e 180° entro adatti apparecchi che permettono il controllo della temperatura stessa. Il controllo della temperatura dovrà essere rigoroso per non avere per insufficiente riscaldamento una scarsa fluidità ovvero, per un eccessivo riscaldamento un'alterazione del bitume che ne comprometta le qualità leganti. L'applicazione potrà essere fatta tanto mediante spanditrici a pressione quanto mediante spanditrici a semplice erogazione; nel qual caso l'opera di regolazione dello spandimento si compirà mediante spazzole e successivo finimento con scope a mano. In ciascun caso, il metodo di spandimento impiegato e le relative operazioni complementari dovranno essere tali da garantire la distribuzione uniforme su ogni metro quadrato del quantitativo di bitume prescritto. La superficie della massiciata così bitumata dovrà essere subito saturata con spandimento uniforme di graniglia normale o pietrischetto scelto e pulito delle dimensioni di circa 13 millimetri, provenienti da rocce molto dure, prevalentemente di natura ignea, e comunque provenienti da rocce aventi resistenza non inferiore a 1500 kg/cmq coefficiente di frantumazione non superiore a 125, avente un coefficiente di Deval non inferiore a 14. Il quantitativo da impiegarsi dovrà essere di mc 1,200 per ogni 100 metri quadrati di massiciata trattata. Allo spandimento dovrà farsi seguire subito una rullatura con rullo leggero e successivamente altra rullatura con rullo di medio tonnellaggio, non superiore alle tonn. 14 per far penetrare detto materiale negli inter-

stizi superficiali della massicciata trattata e comunque fissarlo nel legante ancora caldo e molle. Il trattamento superficiale sarà nettamente delimitato lungo i margini mediante regoli come per i trattamenti di seconda mano per emulsioni. Il controllo del materiale bituminoso si farà per confronto tra la capacità dei serbatoi delle macchine distributrici e l'area coperta con l'erogazione del contenuto di un serbatoio. Per il controllo della qualità del materiale impiegato si preleveranno i campioni da sottoporsi alle necessarie analisi.

Verificandosi durante il periodo di garanzia e comunque sino al collaudo affioramenti di bitume sulla massicciata, l'impresa provvederà senza alcun ulteriore compenso, allo spandimento della conveniente quantità di graniglia nelle zone che lo richiedono, procurando che essa abbia ad incorporarsi nel bitume a mezzo di adatta rullatura leggera, al fine di saturarlo compiutamente curando che non avvengano modifiche di sagoma. L'impresa sarà tenuta a rinnovare a tutte sue spese durante il periodo di garanzia quelle parti di pavimentazioni che per cause qualsiasi dessero indizio di cattiva o mediocre riuscita e cioè dessero luogo ad accertate deformazioni della sagoma stradale, ovvero a ripetute abrasioni superficiali ancora se causate dalla natura ed intensità del traffico, od a scoprimiento delle pietre. Nelle zone di notevole altitudine nelle quali, a causa della insufficiente temperatura della strada, la graniglia non viene ad essere compiutamente rivestita dal bitume, si esegue il trattamento a caldo adoperando graniglia preventivamente oleata. Pulita accuratamente la superficie stradale preferibilmente mediante soffiatori meccanici, il bitume di penetrazione 110-150 previamente riscaldato alla temperatura di 180° viene spruzzato sulla massicciata nella quantità da kg 0,900 ad 1, a metro quadrato: successivamente vengono distesi graniglia o pietrischetti, oleati in precedenza, nella quantità di 13 litri per metro quadrato, e si procede alla compressione con rullo di 8 - 10 tonnellate. La graniglia dovrà essere della pezzatura di 12 millimetri. La preventiva oleatura della graniglia e pietrischetto viene effettuata con olii minerali in ragione da 15 a 17 chilogrammi per metro cubo di materiale.

#### **6.6. *Trattamento superficiale con bitume caldo***

Quando si voglia seguire questo trattamento, che potrà effettuarsi con due mani di bitume a caldo, si adotterà il medesimo sistema indicato nel precedente

art. per la seconda mano di bitume a caldo. Di norma si utilizzerà per la prima mano kg 1,500/mq di bitume a caldo, e per la seconda mano kg 0,800/mq con le adatte proporzioni di pietrischetto e graniglia.

#### **6.7. Trattamenti superficiali a semipenetrazione con catrame**

Le norme generali di applicazioni stabilite per i trattamenti di emulsione bituminosa, di cui ai precedenti articoli, possono di massima estendersi ad analoghi trattamenti eseguiti con catrame o con miscela di catrame e filler. Quando si procede alla prima applicazione, allo spandimento del catrame dovrà precedere l'accuratissima pulitura a secco della superficie stradale, la quale sarà fatta a mano o con spazzatrici meccaniche, o con macchine soffiatrici, in modo da liberare completamente la massicciata cilindrata da ogni sovrapposizione di detriti, polvere ed impurità di qualsiasi specie, mettendo a nudo il mosaico di pietrisco e ghiaia. Lo spandimento del catrame dovrà eseguirsi su strada perfettamente asciutta e con tempo secco e caldo. Ciò implica che i mesi più propizi sono quelli da maggio a settembre e che in caso di pioggia il lavoro deve sospendersi. Il catrame sarà riscaldato prima dell'impiego in adatte caldaie a temperatura tale che all'atto dello spandimento essa non sia inferiore a 120° centigradi, e sarà poi sparso in modo uniforme mediante polverizzatori sotto pressione e poi disteso con adatti spazzolini in modo che non rimanga scoperto alcun tratto della massicciata. La quantità di catrame da impiegarsi per la prima mano sarà di kg 1,500 per metro quadrato, la seconda mano dovrà essere di bitume puro in ragione di 1 kg/mq o di emulsione bituminosa in ragione di kg 1,200/mq. Necessitando una variazione in più od in meno di detto quantitativo a richiesta della direzione dei lavori, la variazione di prezzo sarà fatta con aumento o detrazione in base al prezzo unitario stabilito in elenco. Per le strade già aperte al traffico lo spandimento si effettuerà su metà strada per volta e per lunghezze da 50 a 100 metri, delimitando i margini della zona catramata con apposita recinzione, in modo da evitare che i veicoli transitino sul catrame di fresco spandimento. Trascorse dalle 3 alle 5 ore dallo spandimento, a seconda delle condizioni di temperatura ambiente si spargerà in modo uniforme sulla superficie catramata uno strato di graniglia in elementi di dimensioni di circa 8 millimetri ed in misura di un metro cubo per ogni quintale circa di catrame facendo seguire alcuni passaggi da prima con rullo leggero e completando poi il

lavoro di costipamento con rulli di medio tonnellaggio non superiore alle tonn. 14. Per il controllo sia della quantità che della qualità di catrame sparso si seguiranno le norme precedentemente descritte.

#### **6.8. Trattamenti superficiali a freddo con polvere di roccia asfaltica e miscela preventiva polverulenta per applicazioni su nuove massicciate**

In linea generale le operazioni da seguire saranno le seguenti:

- 1) preparazione del piano viabile;
- 2) oleatura del piano viabile e del pietrischetto;
- 3) formazione del manto di copertura con trattamento ad elementi miscelati;
- 4) stesa e rullatura del manto.

Salvo il caso nel quale si abbiano strade ad elevatissimo traffico nelle quali sia necessario un particolare manto di usura per il quale si impiegheranno 20 chilogrammi di polvere di roccia asfaltica a metro quadrato, il manto sarà costituito da uno strato di 15 chilogrammi di polvere di roccia asfaltica e di pietrischetto opportunamente trattato con olii da porre in opera con le modalità di esecuzione che seguono. Il pietrischetto dovrà provenire da rocce aventi una resistenza media alla compressione di almeno 1500 kg/cmq e coefficiente di frantumazione non superiore a 125, coefficiente di Deval non minore di 14, di qualità uniforme, pulito, ad elementi poliedrici. Per la preparazione del piano viabile dovrà preliminarmente procedersi ad una accurata operazione di depolverizzazione e raschiatura della massicciata cilindrata esistente, adoperando scope, spazzoloni metallici e, ove occorra, integrando tale pulitura meccanica con un adeguato lavaggio a getto d'acqua radente a pressione del piano viabile onde liberarlo da eventuali incrostazioni fangose od argillose, ed ottenere gli elementi di mosaico con interstizi totalmente scarniti e profondi circa 1 centimetro. Qualora si avessero parti ammalorate od in via di disgregazione od instabili, si procederà alla loro riparazione, preferibilmente mediante conglomerati bituminosi del tipo aperto. Quanto all'oleatura del piano viabile e del pietrischetto, dopo aver lasciato asciugare la superficie della massicciata pulita, si provvederà alla sua oleatura per l'ammarraggio del manto. L'oleatura sarà eseguita con spruzzatori meccanici capaci di suddividere finemente il legante e di stenderlo in modo uniforme e continuo. Per meglio assicurare detta uniformità e quindi l'attacco al manto preesistente, si dovrà, se del ca-

so, ripassare la spruzzatura con spazzoloni a mano. Per il trattamento dovrà impiegarsi un quantitativo di olio da litri 0,250 a 0,300 per metro quadrato di piano viabile, ricorrendo al valore più basso per massicciata costituita da elementi poco assorbenti e tersi. Nelle stagioni fredde o nelle pavimentazioni di più difficile attacco, si impiegherà olio avente le seguenti caratteristiche:

- a) viscosità Engler a 25°: da 3 a 6;
- b) distillato sino a 200°: da 2 a 5 in peso;
- c) residuo a 360°: almeno 30% in peso.

Nelle stagioni calde o anche nelle stagioni fredde quando sia previamente riscaldato a circa 50°, si impiegheranno olii aventi le seguenti caratteristiche:

- a) viscosità Engler a 50°: da 4 a 8;
- b) distillato fino a 230°: almeno il 15% in peso;
- c) residuo a 360°: almeno il 40% in peso;
- d) punto di rammollimento del residuo (palla e anello): non meno di 45°.

L'oleatura del pietrischetto verrà eseguita a freddo, mediante una adatta impastatrice ovvero a mano, impiegando da 25 a 30 litri di olio per metro cubo di aggregato e adoperando, entro tali limiti il quantitativo maggiore se il pietrischetto è di pezzatura più piccola. Il pietrischetto all'atto dell'oleatura dovrà essere perfettamente asciutto. Quando sia umido potrà essere egualmente consentito di eseguire il trattamento purché si aggiunga all'olio un adatto correttivo ed in ogni metro cubo di aggregato, prima dell'oleatura, vengano rimescolati da 20 a 30 chilogrammi di sostanze basiche quali ad esempio la calce idrata. Per la formazione del manto di usura trattandosi di nuovo impianto, si preferirà il sistema ad elementi miscelati. A tale scopo, contemporaneamente alla predetta oleatura del piano viabile ed a quella del pietrischetto, si sarà proceduto separatamente alla disintegrazione della polvere di roccia asphaltica con adatto apparecchio meccanico. Tale disintegrazione, che precederà immediatamente l'impiego, dovrà restituire alla polvere la sua completa scioltezza eliminando ogni grumo di dimensioni superiori ai 5 millimetri. Approntati separatamente la polvere ed il pietrischetto oleato, la miscela della polvere di roccia asphaltica con il pietrischetto oleato verrà preferibilmente eseguita con la stessa impastatrice impiegata per l'oleatura del pietrischetto, introducendo in essa, di volta in volta, dopo avvenuto l'impasto del pietri-

schetto con l'olio, il quantitativo di polvere stabilito, e protraendo il mescolamento sino ad ottenere una miscela uniforme e regolare tra pietrischetto oleato e polvere. Come già il pietrischetto, anche la polvere prima della miscela dovrà essere perfettamente asciutta, salvo si adottino olii opportunamente corretti e si attuino eventuali particolari aggiunte di sostanze basiche, in modo da assicurare l'adesione tra legante e pietra in presenza d'acqua. La miscela dovrà essere eseguita come segue:

- pietrischetto oleato da 10 a 20 millimetri: da 40 a 50% in peso;
- polvere di roccia asfaltica: dal 50 al 60% in peso.

Si dovrà, pertanto, impiegare non meno di 30 chilogrammi di miscela per metro quadrato di manto, purché sempre il quantitativo minimo di polvere di roccia asfaltica sia di 15 kg/mq. All'avvicinamento ed alla stesa della miscela si provvederà con carriole o con apparecchi distributori meccanici. Nel primo caso dovrà essere regolato con spatole di legno. Il consolidamento del manto disteso e l'ancoraggio di esso al caupostrada saranno ottenute con energica cilindratura mediante rullo compressore del peso non inferiore a 10 tonn. Essa avrà inizio non appena ultimata la distesa del manto e verrà continuata sino a che il manto non risulti sufficientemente serrato e legato. Il manto deve risultare uniforme e regolare in tutta la superficie e tale da eliminare, ove vi fossero, eventuali ondulazioni della preesistente massicciata. Appena ultimata la rullatura, il manto potrà essere aperto al traffico. Esso dovrà risultare tanto consolidato da non subire asportazioni e perdite sensibili di materiali per effetto del traffico. Dopo qualche tempo, accentuandosi il consolidamento per effetto del traffico stesso, il manto dovrà presentarsi con aspetto uniforme, con regolare affioramento del pietrischetto su tutta la superficie e decisa scabrosità, ma con tutti gli elementi litici sicuramente ammassati e fissati. Per controllare che i materiali impiegati abbiano la qualità e la caratteristica prescritta si preleveranno in contraddittorio prima, durante il corso dei lavori, campioni che saranno rimessi ad idonei laboratori. I setacci per la finezza delle polveri saranno quelli A.S.T.M. della serie normale Americana U.S. Per l'aggregato si useranno i crivelli con fori tondi corrispondenti alle dimensioni prescritte. Il manto dovrà risultare in buono stato di manutenzione, senza rotture, segni di sgretolamento, distacchi od altri ammaloramenti, e senza fessurazioni che non appaiono

collegate a rotture della pavimentazione sottostante.

#### **6.9. Trattamenti superficiali in polvere di roccia asfaltica ad elementi separati, applicati su precedenti trattamenti bituminosi**

Quando, per ottenere un maggiore ancoraggio del manto di usura, si preferisce sottoporre la massiciata nuova ad un precedente trattamento bituminoso, ovvero si debba riprendere una preesistente degradata pavimentazione bituminosa, si adopererà un minor quantitativo di polvere di roccia asfaltica e si procederà alla formazione del manto di usura mediante trattamento ad elementi separati. Di norma trattandosi di massicciate nuove, si provvederà alla prima mano di semi-penetrazione con kg 2,5 per metro quadrato di emulsione bituminosa al 55% e per il manto di usura si impiegheranno 10 chilogrammi di polvere di roccia asfaltica. Ferme restando le operazioni di cui al precedente articolo per la preparazione del piano viabile e per la oleatura dello stesso e del pietrischetto e disintegrazione della polvere, il quantitativo di olio da adoperarsi si ridurrà, per l'oleatura del piano viabile a kg 0,150 - 0,200 per metro quadrato impiegando il minimo quando il precedente trattamento bituminoso non sia stato asportato. Provveduto all'oleatura del piano viabile, si provvederà alla stesa della polvere di roccia asfaltica non prima di mezz'ora, in modo che l'olio possa esercitare attivamente la sua azione solvente sul legante del vecchio manto. Nella stesa generale si accantonerà un quantitativo di polvere compreso fra il 5 ed il 10% del peso totale di essa, il quale verrà steso in un secondo tempo alla fine della cilindatura, per assicurare una sufficiente chiusura in superficie (sigillo). Per il controllo dei quantitativi unitari di polvere effettivamente stesi, quando per l'avvicinamento s'impiegano carriole, queste dovranno avere forma tale da prestarsi ad una sicura misura volumetrica del materiale.

Dal rapporto tra il volume della polvere di mano in mano impiegata e la superficie corrispondente, coperta, si desumeranno i quantitativi unitari stessi. Non appena lo strato di polvere abbia estensione tale da consentire una lavorazione regolare, si provvederà alla stesa del pietrischetti di dimensioni da mm 10 a 20, usando pietrischetto di roccia durissima con resistenza alla compressione di 1500 chilogrammi per cmq preventivamente oleato a freddo preferibilmente con adatta impastatrice, impiegando da 25 a 30 chilogrammi di olio per metro cubo di ag-

gregato. Tale pietrischetto prima dell'oleatura, deve essere totalmente asciutto salvo l'uso degli accorgimenti di cui al precedente articolo.

All'avvicinamento ed alla stesa del pietrischetto oleato si provvederà mediante trasporto con carriole e successivo spandimento con badili a spaglio o con apparecchi distributori meccanici. La massima cura dovrà essere posta perché il pietrischetto risulti distribuito nel modo più regolare ed uniforme possibile, così da costituire un mosaico ben serrato e senza elementi sovrapposti, il che è assolutamente necessario per la buona riuscita del lavoro. Il quantitativo di graniglia da usarsi per il manto di 10 chilogrammi di polvere di roccia di asfalto sarà da 8 a 10 litri per metro quadrato. La fusione e consolidamento dei due strati sovrapposti (l'inferiore di polvere di roccia asfaltica, il superiore di pietrischetto oleato) saranno ottenuti mediante una energica cilindatura con rullo del peso di almeno 10 tonnellate.

La cilindatura verrà iniziata non appena sia avvenuta la stesa del pietrischetto oleato per una estensione sufficiente ad assicurare una regolare lavorazione, e sarà continuata fino a che il manto risulti sufficientemente serrato e legato, con singoli elementi bene fermi ed al sicuro da strappamenti da parte delle ruote dei veicoli. Nell'ultima fase della cilindatura si spargerà sul manto la porzione di polvere accantonata durante la stesa generale della polvere stessa, in modo da favorire e facilitare la chiusura del mosaico superficiale e sopperire ad eventuali deficienze locali di polvere. Questo ultimo spolvero di sigillo sarà regolato con l'impiego di scope. L'aggiunta di polvere dovrà però essere tale da non coprire totalmente il pietrischetto, per evitare il pericolo che il pietrischetto stesso rimanga sepolto nella massa asfaltica e la superficie del manto risulti conseguentemente liscia.

Appena ultimata la rullatura, potrà aprirsi la strada al traffico. Come nel caso precedente, il manto dovrà risultare tanto consolidato da non subire asportazioni e perdite sensibili di materiale per effetto del traffico. Nei primi tempi di apertura, l'impresa dovrà aver cura di riportare sempre al centro della strada il materiale che, eventualmente non ben penetrato nel manto, possa essere spostato dal traffico ai lati della carreggiata; procedendo all'operazione a mezzo di scope morbide cercando soprattutto di coprire le zone non bene essiccate. Circa l'aspetto del

manto dopo l'avvenuto effettivo consolidamento, il controllo dei quantitativi, la gratuita manutenzione sino al collaudo, lo stato del manto all'epoca del collaudo, valgono le disposizioni di cui al precedente articolo.

#### **6.10. *Trattamento superficiale con miscela fluida di polvere di roccia asfaltica***

Normalmente applicata a caldo, e prevalentemente per la manutenzione di trattamenti superficiali induriti, ai quali l'olio ridona plasticità, può anche essere usato per trattamenti di prima mano su massicciate piuttosto chiuse. In questi trattamenti la polvere asfaltica viene mescolata con olio, ovvero con leganti provenienti da rocce asfaltiche o scisti bituminosi o dai grezzi di petrolio, o dai catrami, aventi determinate caratteristiche in porzioni tali da fare miscela fluida con polvere asfaltica - mediante una parte in peso di legante con da 2,5 a 3,5 parti di polvere asfaltica - la miscela fluida viene preferibilmente stesa nelle strade a caldo, in quantità di circa 3 chilogrammi di miscela per metro quadrato per la prima mano, e poi subito saturata con graniglia o ghiaio della pezzatura da 8 a 15 millimetri in ragione da 10 a 13 litri per metro quadrato e il manto viene cilindato con rullo a motore da 8 a 10 tonnellate.

Con tale sistema si prescinde sia dall'umettamento preliminare della superficie carrabile, sia dall'oleatura della graniglia. Quando la miscela sia formata con leganti bituminosi o catramosi per la preparazione e la stesa si adopereranno apposite macchine mescolatrici e spruzzatrici ad aria compressa. La miscela deve essere sparsa a temperatura da 120° a 130° centigradi se si adopereranno leganti bituminosi o catramosi, e fra 70° e 80° centigradi se si useranno olii. Per applicazioni di seconda mano si impiegheranno circa 2 chilogrammi di miscela per metro quadrato. In caso di impiego di leganti bituminosi o catramosi la strada può essere aperta al traffico non appena ultimata la rullatura.

#### **6.11. *Massiccata a macadam bituminoso mescolato in posto***

Quando la particolare natura dei materiali a disposizione e l'economia generale dell'opera lo suggerisca, al comune strato superiore di soprastruttura a macadam (massiccata) di cui fosse previsto il finimento con trattamento protetto, può sostituirsi una massiccata costruita con materiale lapideo granulometricamente assortito, mescolato in posto con legante bituminoso.

A tale scopo, approvvigionati i materiali miscelabili tali da realizzare una cur-

va granulometrica continua a partire dagli aggregati fini sino al massimo pietrisco passante al vaglio di 60 millimetri si provvederà al loro ammanimento lungo la strada: dopo di che, a mezzo di apposito macchinario, si procederà al mescolamento dell'aggregato con emulsione bituminosa in quantità dal 6 all'8% in peso dell'aggregato asciutto o con bitume flussato - in ragione dal 3 al 5% in peso. Eseguito il mescolamento si procederà a scopare e pulire accuratamente il primo strato della massicciata (comunque costituito o con ossatura di sottofondo cilindrata o con materiale granulare misto) già in precedenza sottoposto a traffico, e su di esso si procede allo spandimento di kg 0,800/mq di emulsione bituminosa che non si rompa subito in superficie.

Dopo effettuata tale spalmatura d'ancoraggio, il materiale miscelato verrà steso a mezzo di apposita macchina livellatrice e rullato con adatto compressore in modo che a cilindratura ultimata si costituisca uno strato omogeneo di spessore non inferiore a 8 centimetri dopo compresso. Aperta poi definitivamente al traffico la strada, dopo alcune settimane si procederà al trattamento di sigillo con kg 1,500 di emulsione al 55% con l'aggiunta di pietrischetto da 5 a 15 millimetri e rullatura leggera, ovvero con kg 0,800 di bitume a caldo e 10 litri di pietrischetto.

#### **6.12. Ricostruzione di vecchie massicciate previa scarificazione ed aggiunta di materiali granulometricamente assortiti secondo il "retread process" con miscela di leganti bituminosi**

Per le strade secondarie a macadam sottoposte a non grande traffico, dotate di buon sottofondo ormai fermo, in luogo di procedersi alla trasformazione a pavimentazione protetta con semplice ricarico cilindrato di materiale lapideo nuovo, là dove non sia facile procurarsi convenientemente buon pietrisco, può essere disposto di ricostruire la massicciata stradale mediante la scarifica dello strato superiore e l'aggiunta di materiale locale.

Si procederà a tale scopo ad una totale scarificazione profonda, in quelle strade ove esista una ossatura di sottofondo, sino a raggiungere l'ossatura stessa, senza per altro intaccarla, in caso contrario la scarificazione deve essere molto superficiale; determinata la natura del materiale di risulta e, sminuzzatolo convenientemente con adatto macchinario, dopo provveduto a regolarizzare con livellatrice il profilo trasversale (sagoma stradale) si procederà, ove occorra, all'ag-

giunta del materiale che si renderà necessaria sia per portare lo spessore della nuova pavimentazione alla dimensione voluta (di norma 12 centimetri prima della compressione), sia per avere un misto granulometrico assortito di dimensioni da mm 0,05 a mm 70: ciò si ottiene di consueto con semplice "tout venant" di cava, che si avrà cura non sia argilloso e la cui granulometria sarà fissata in relazione alla deficienza di materiali litici provenienti dalla scarifica od all'eccesso. Il materiale così approvvigionato sarà sparso sulla strada con idoneo macchinario, innaffiato se il tempo sarà secco, ed erpicato; su di esso si procederà poi allo spandimento di una prima dose di legante (2 chilogrammi per metro quadrato di idonea emulsione bituminosa al 55%: o bitume flussato in ragione di kg 1/mq).

Dopo un nuovo rimescolamento in posto ed erpicatura meccanica si procederà poi allo spandimento di una seconda dose di legante (in ragione di kg 2 di emulsione come sopra o di kg 1,500 di bitume flussato per metro quadrato) e ad un ulteriore rimescolamento ed erpicatura con mezzi meccanici, seguita da una leggera cilindatura: non necessitando innaffiamento, si farà precedere tale cilindatura da uno spandimento di 5 litri per metro quadrato di pietrischetto. Infine si spanderà un'ultima dose di legante (1 chilogrammo di emulsione idonea od 1 chilogrammo di bitume liquido per metro quadrato) e si procederà alla copertura con da 5 a 7 litri per metro quadrato di pietrischetto della pezzatura di mm da 5 a 10 millimetri ed alla successiva cilindatura definitiva, leggera all'inizio e da spingersi a fondo nei giorni successivi secondo l'indurimento della pavimentazione.

### **6.13. *Trattamento a semipenetrazione con due mani di bitume a caldo***

Preparato il piano stradale con cilindatura a secco nella quale il mosaico superficiale sia sufficientemente aperto, si procederà allo spandimento del bitume riscaldato a 180° con innaffiatrici o distributrici a pressione in quantità di kg 2,500/mq in modo da avere la regolare e compiuta penetrazione nei vuoti della massicciata e l'esatta ed uniforme distribuzione della detta quantità: allo spandimento si provvederà gradualmente ed a successive riprese in modo che il legante sia per intero assorbito. Mentre il bitume è ancora caldo si procederà allo spargimento uniforme di pietrischetto di elevata durezza, pezzatura da 15 a 20 millimetri sino a coprire totalmente il bitume in quantità non inferiore a 20 litri per metro quadrato provvedendo poi alla cilindatura in modo da ottenere il totale costi-

pavimento della massicciata, i cui interstizi dovranno, in definitiva, risultare totalmente riempiti di bitume e chiusi dal pietrischetto.

Ove si manifestassero irregolarità superficiali l'impresa dovrà provvedere ad eliminarle a sue cure e spese con ricarico di pietrischetto e bitume sino alla normale sagoma stradale. Se affiorasse in seguito il bitume, l'impresa è tenuta, senz'altro compenso, allo spandimento di graniglia sino a saturazione. Si procederà in tempo successivo alla spalmatura del manto di usura con kg 1,200 per metro quadrato di bitume dato a caldo usando per il ricoprimento litri 15/mq di pietrischetto e graniglia della pezzatura da 5 a 15 millimetri di elevata durezza provenienti da rocce di resistenza alla compressione di almeno 1500 kg/cmq e coefficiente di qualità Deval non inferiore a 14, e provvedendo alla cilindatura sino ad ottenere un manto uniforme.

#### **6.14. Trattamento a penetrazione con bitume a caldo**

La esecuzione del pavimento a penetrazione, o al bitume colato, sarà eseguita solo nei mesi estivi. Essa presuppone l'esistenza di un sottofondo, costituito da pietrisco cilindrato dello spessore che sarà prescritto dalla direzione dei lavori all'atto esecutivo. Ove il sottofondo sia da costituirsi con ricarico cilindrato all'atto dell'impianto dovrà essere compensato a parte in base ai rispettivi prezzi unitari. Esso sarà eseguito con le norme precedentemente indicate per le cilindature, avendo cura di proseguire la compressione meccanica a fondo fino a che la superficie non abbia raggiunto l'esatta sagoma prescritta e si presenti unita ed esente da vuoti, impiegando la necessaria quantità di materiale di saturazione.

Prima di dare inizio alla vera e propria pavimentazione a penetrazione, il detto sottofondo cilindrato, perfettamente prosciugato, dovrà essere ripulito accuratamente in superficie. Si spargerà poi su di esso uno strato di pietrisco molto pulito di qualità dura e resistente, dello spessore uniforme di cm 10 costituito da elementi di dimensione fra cm 4 a 7, bene assortiti fra loro, ed esenti da polvere o da materie estranee che possono inquinarli, ed aventi gli stessi requisiti dei precedenti articoli, fra i quali coefficiente di Deval non inferiore a 14. Si eseguirà quindi una prima cilindatura leggera, senza alcuna aggiunta materiale di aggregazione, procedendo sempre dai fianchi verso il centro della strada, in modo da serrare sufficientemente fra di loro gli elementi del pietrisco e raggiungere la sagoma superficiale

prescritta con monta fra 1/150 e 1/200 della corda, lasciando però i necessari vuoti nell'interno dello strato per la successiva penetrazione del bitume. Quest'ultimo sarà prima riscaldato a temperatura fra i 150° e i 180° centigradi in adatti apparecchi che permettano il controllo della temperatura stessa, e sarà poi sparso in modo che sia garantita la regolare e completa penetrazione nei vuoti della massiciata e l'esatta ed uniforme distribuzione della complessiva quantità di kg 3,500 per metro quadrato. Lo spandimento avverrà uniformemente e gradualmente ed a successive riprese in guisa che il bitume sia completamente assorbito.

Quando l'ultimo bitume affiorante in superficie sia ancor caldo, si procederà allo spandimento il più uniforme possibile di uno strato di minuto pietrisco di pezzatura fra 20 e 25 millimetri, della qualità più dura e resistente, fino a ricoprire completamente il bitume, riprendendo poi la cilindratura del sottostante strato di pietrisco sino ad ottenere il completo costipamento così che gli interstizi dovranno in definitiva essere completamente riempiti dal bitume e chiusi dal detto minuto pietrisco. Sarà cura dell'impresa di stabilire il grado di penetrazione del bitume che assicuri la migliore riuscita della pavimentazione normalmente non maggiore di 60 a 80 millimetri nei climi caldi; da 80 a 100 nei climi freddi.

Qualora durante e dopo la cilindratura si manifestassero irregolarità superficiali nello strato di pietrisco compresso e penetrato dal bitume, l'impresa dovrà accuratamente eliminare sovrapponendo altro pietrisco nelle zone depresse e proseguendo la compressione e lo spandimento di bitume e minuto pietrisco fino a raggiungere il necessario grado di regolarità della sagoma stradale. Ultimata la compressione e la regolarizzazione di sagoma, si procederà allo spandimento di uno strato di bitume a caldo in ragione di kg 1,200/mq con le modalità precedentemente indicate per i trattamenti superficiali col detto materiale.

Detto spandimento sarà fatto secondo linee normali alla direzione del primo spandimento di bitume, e sarà coperto con uno strato di buona graniglia della pezzatura da 5 a 10 millimetri, in misura di 10 litri per metro quadrato circa che verrà incorporato nel bitume mediante rullatura con rullo leggero, così da regolarizzare in modo perfetto la sagoma del piano viabile. Qualora si verificassero in seguito affioramenti di bitume ancor molle, l'impresa provvederà, senza ulteriore compenso, allo spandimento della conveniente quantità di graniglia nelle zone che lo ri-

chiedono, procurando che essa abbia ad incorporarsi nel bitume a mezzo di adatta rullatura leggera, in modo da raggiungere una piena saturazione. L'impresa sarà obbligata a rifare a tutte sue cure e spese quelle parti della pavimentazione che per cause qualsiasi dessero indizio di cattiva o mediocre riuscita, e cioè dessero luogo ad accentuata deformazione della sagoma stradale ovvero a ripetute abrasioni superficiali, prima del collaudo, ancor che la strada sia stata aperta al traffico.

#### **6.15. Rinforzi di zone particolari mediante conglomerati bituminosi con pietrischetti ed emulsioni a freddo e manti con tappeti di pietrischetto e graniglia bitumati a caldo**

Particolarmente per rinforzi di strisce laterali o curve o sistemazione di zone di superficie stradali che in confronto dei correnti trattamenti superficiali ancorati necessitino di un manto più consistente, potrà procedersi all'esecuzione di manti di un certo spessore formati con pietrischetto (o ghiaietto) bitumato con emulsione di bitume al 55%, sufficientemente stabili e di notevole viscosità (5 gradi Engler almeno). Dopo provveduta all'opportuna ripulitura della massicciata cilindrata, previamente consolidata, si spruzzerà su di essa emulsione bituminosa al 55% in quantità non inferiore a kg 1,500 per metro quadrato e si estenderà uno strato di pietrischetto o ghiaietto o pietrisco minuto, della pezzatura da 15 a 30 millimetri avente un coefficiente di qualità Deval non inferiore a 12, già impastato con emulsione bituminosa al 55% nella proporzione di 70 chilogrammi per metro cubo di pietrischetto.

Tale strato avrà uno spessore medio non inferiore a cm 3 e verrà accuratamente livellato e poi pestonato con mazzerranghe del peso non inferiore a 10 chilogrammi ove non si ricorra a cilindatura leggera. Quando tale strato sarà compiutamente raffermato e livellato, comunque non prima di 15 giorni, si procederà ad una ripulitura a secco della superficie del primo impasto e lo si umetterà con spruzzatura di emulsione bituminosa al 55%, in ragione di kg 0,500/mq. Dopo di che si provvederà alla distesa di un secondo strato di graniglia e pietrischetto o ghiaietto bitumato, di pezzatura da 5 a 15 millimetri, derivanti da rocce con resistenza alla compressione di 1500 chilogrammi per cmq, coefficiente di frantumazione non superiore a 125, coefficiente di qualità non inferiore a 14, impastato con

emulsione bituminosa al 55% sempre nella proporzione di 70 chilogrammi per metro cubo.

Lo spessore medio di tale secondo strato non sarà inferiore a mm 15: si procederà ad un accurato livellamento e compressione preferibilmente mediante cilindatura leggera. I manti a tappeto di pietrischetti e graniglia bitumati caldo, sono invece, di regola da impiegarsi per pavimentazione di intere strade nelle quali siano previsti traffici, anche se intensi, non molto pesanti, purché si abbiano condizioni ambientali favorevoli; così in regioni umide dovranno aversi sottofondi ben drenati e non potrà prescindersi da un trattamento superficiale di finitura che serve a correggere il loro essere conglomerati bituminosi a masse aperte.

Detti manti dovranno avere pendenze trasversali piuttosto forti, con monte dell'ordine di un sessantesimo ed inclinazione di almeno il 2,5% . I pietrischetti e le graniglie da usare dovranno essere per quanto più possibile omogenei e provenienti da rocce di elevata durezza: qualora ciò non fosse possibile (materiale proveniente dalla frantumazione delle ghiaie) si dovranno adoperare quantità maggiori di legante in modo che frantumandosi alcuni elementi per effetto del traffico si possa così far fronte all'aumento di superficie dei materiali litici.

Generalmente, eseguendosi due strati si adopereranno per lo strato inferiore aggregati della pezzatura, da 10 a 20 millimetri e per quello superiore aggregati della pezzatura da mm 5 a 10. Le dimensioni massime dell'aggregato non dovranno comunque superare i due terzi dell'altezza della pavimentazione. Si richiederà sempre per i pietrischetti e le graniglie resistenza delle rocce da cui provengano non inferiore a 1250 kg/cm<sup>2</sup>, alla compressione, coefficiente di qualità (Deval) non inferiore a 12 per il pietrischetto bitumato e non inferiore a 14 per la graniglia di copertura. I bitumi solidi da impiegare per il trattamento degli aggregati avranno penetrazioni minime di 80/100 per i conglomerati di spessore di qualche centimetro: per manti sottili si useranno bitumi da 180 a 200. Con bitumi liquidi si dovrà usare additivo in quantità maggiore e si adopereranno bitumi di tipi a più elevata viscosità.

I quantitativi di legante per ogni metro cubo di impasto dovranno essere almeno i seguenti: Per bitume a caldo minimo 40 kg/mc per pezzatura da 10 a 15 millimetri: 45 kg/mc per pezzatura da 5 a 10 millimetri: 50 kg/mc per pezzatura da 3

a 5 millimetri. Per emulsioni bituminose rispettivamente 70, 80, 90 kg/mc per i tre tipi delle suindicate pezzature.

Ciò corrisponderà per aggregato grosso con pietrischetto pezzatura da 5 a 20 millimetri al 3% di bitume e per conglomerato con sola graniglia passante al setaccio n. 10 al 3,5% di bitume, con aggiunta in entrambi i casi, di additivo per lo 0,3% che sale al 2% per i bitumi liquidi. I pietrischetti e graniglie bitumati saranno preparati a caldo, con mescolatori, previo riscaldamento dei materiali litici a temperatura tra i 120° e i 160° centigradi per garantire in buon essiccamento: la dosatura dei componenti sarà fatta di preferenza a peso per impasti di carattere uniforme: se verrà fatta a volume si terrà conto della variazione di volume del bitume con la temperatura (coefficiente medio di dilatazione cubica 0.00065). Il bitume, in caldaie idonee non a fiamma diretta sarà scaldato a temperatura tra 150° e 180°C. I bitumi liquidi non dovranno essere scaldati oltre i 90°C.

Lo strato di pietrischetto o graniglia impastata dovrà essere posto in opera previa accurata ripulitura del piano di posa. I lavori di formazione del manto così si succederanno:

- spalmatura di emulsione bituminosa o bitume a caldo sulla superficie della massiciata ripulita, nella quantità necessaria ad ottenere l'ancoraggio del manto;
- provvista e stesa dell'aggregato bituminato in quantità tale da dare uno spessore finito non inferiore a cm 2,5;
- cilindatura, iniziando dai bordi con rullo di almeno 5 tonnellate spruzzando le ruote d'acqua perché non aderiscano al materiale se posto in opera caldo:
- spalmatura di emulsione e di bitume a caldo nella quantità necessaria per sigillare il manto e permettere l'incorporazione di parte del materiale di copertura;
- copertura con graniglia e successiva rullatura.

Ove si adoperino particolari macchinari per la posa del conglomerato si potrà rinunciare alle spalmature. Nella esecuzione dell'impasto e della sua posa dovrà farsi la massima cura onde evitare la formazione di ondulazioni che sarebbero motivo di richiedere il rifacimento del manto: le ondulazioni od irregolarità non dovranno essere superiori ai 5 millimetri misurati con asta rettilinea di 3 metri. La ditta esecutrice stabilirà d'intesa con la direzione dei lavori la quantità di emulsione per

ancoraggio e sigillo. Essa provvederà alla manutenzione gratuita dalla data di ultimazione, assumendo la garanzia, per un triennio, all'infuori del collaudo. Alla fine del triennio la diminuzione di spessore del manto non potrà essere superiore ai mm 8.

#### **6.16. Manti eseguiti mediante conglomerati bituminosi semiaperti**

Per le strade a traffico non molto intenso nelle quali si vuol mantenere una sufficiente scabrezza si potrà ricorrere a manti formati con pietrischetti o graniglie, sabbia, ed in alcuni casi anche con additivo, legati con bitumi solidi o liquidi, secondo le formule di composizione in seguito indicate. Per ottenere i conglomerati bituminosi in oggetto si dovranno impiegare come aggregato grosso per manti d'usura materiali ottenuti da frantumazione di rocce aventi elevata durezza con resistenza minima alla compressione di kg 1250/cm<sup>2</sup>. Per strati non d'usura si potranno usare anche materiali meno pregiati. Saranno ammessi aggregati provenienti dalla frantumazione dei ciottoli e delle ghiaie.

Gli aggregati dovranno corrispondere alle granulometrie di cui in appresso. Per assicurare la regolarità della granulometria la direzione dei lavori potrà richiedere che l'aggregato grosso venga fornito in due distinti assortimenti atti a dare, per miscela, granulometrie comprese nei limiti stabiliti. Gli aggregati da impiegarsi per manti di usura non dovranno essere idrofilii. Come aggregato fine si dovranno impiegare sabbie aventi i requisiti previsti all'art. 14 e) del presente capitolato. Si potranno usare tanto sabbie naturali che sabbie provenienti dalla frantumazione delle rocce. In quest'ultimo caso si potranno ammettere anche materiali aventi più del 5% di passante al setaccio 200. L'additivo dovrà corrispondere ai requisiti di cui alle norme del C.N.R. per l'accettazione dei pietrischi, pietrischetti, sabbie, additivi per le costruzioni stradali (fasc. n. 4 ultime edizioni).

I bitumi solidi e liquidi dovranno corrispondere ai requisiti di cui al presente capitolato. In seguito sono indicate le penetrazioni e le viscosità dei bitumi che dovranno essere adottate nei diversi casi. Si useranno bitumi di penetrazione compresa tra 80 e 200, a seconda dello spessore del manto; ricorrendo alle maggiori penetrazioni per gli spessori minori e alle penetrazioni minori per gli strati di fondazione di maggior spessore destinati a sopportare calcestruzzi o malte bituminose tenendo anche conto delle escursioni locali delle temperature ambiente. Im-

piegando i bitumi liquidi si dovranno usare i tipi di più alta viscosità; il tipo BL 150 - 200 si impiegherà tuttavia solo nelle applicazioni fatte nelle stagioni fredde.

Nella preparazione dei conglomerati, la formula effettiva di composizione degli impasti dovrà corrispondere, seconda dei tipi di conglomerati richiesti di volta in volta, alle prescrizioni di cui sopra e dovrà essere preventivamente comunicata alla direzione dei lavori. Per la esecuzione di conglomerati con bitumi solidi si dovrà provvedere al preventivo essiccamento e riscaldamento degli aggregati con un essiccatore a tamburo, provvisto di ventilatore per la aspirazione della polvere.

Gli aggregati dovranno essere riscaldati a temperature comprese tra i 120°C e 160°C. Il bitume dovrà essere riscaldato a temperatura compresa tra i 150°C e i 180°C. Il riscaldamento deve essere eseguito in caldaie idonee, atte a scaldare uniformemente tutto il materiale evitando il surriscaldamento locale, utilizzando possibilmente, per lo scambio di calore, liquidi caldi o vapori circolanti in serpentine immerse o a contatto col materiale. Si dovrà evitare di prolungare il riscaldamento per un tempo maggiore di quello strettamente necessario. Il riscaldamento e tutte le operazioni eseguite con materiale riscaldato debbono essere condotte in modo da alterare il meno possibile le caratteristiche del legante, la cui penetrazione all'atto della posa in opera non deve risultare comunque diminuita di oltre il 30% rispetto a quella originaria.

Allo scopo di consentire il sicuro controllo delle temperature suindicate, le caldaie di riscaldamento del bitume e i sili degli aggregati caldi dovranno essere muniti di termometri fissi. Per agevolare la uniformità della miscela e del regime termico dell'essiccatore, il carico degli aggregati freddi nell'essiccatore dovrà avvenire mediante un idoneo alimentatore meccanico, che dovrà avere almeno tre distinti scomparti riducibili a due per conglomerati del 1° tipo. Dopo il riscaldamento l'aggregato dovrà essere riclassificato in almeno due diversi assortimenti, selezionati mediante opportuni vagli. La dosatura di tutti i componenti dovrà essere eseguita a peso, preferibilmente con bilance di tipo automatico, con quadranti di agevole lettura.

Si useranno in ogni caso almeno due distinte bilance: una per gli aggregati e l'altra per il bitume, quest'ultima dovrà eventualmente utilizzarsi anche per gli addi-

tivi. Si potranno usare anche impianti a dosatura automatica volumetrica purché la dosatura degli aggregati sia eseguita dopo il loro essiccamento, purché i dispositivi per la dosatura degli aggregati, dell'additivo e del bitume siano meccanicamente e solidamente collegati da un unico sistema di comando atto ad evitare ogni possibile variazione parziale nelle dosature e purché le miscele rimangano in caso comprese nei limiti di composizione suindicati. Gli impianti dovranno essere muniti di mescolatori efficienti capaci di assicurare la regolarità e la uniformità delle miscele. La capacità dei mescolatori, quando non siano di tipo continuo, dovrà essere tale da consentire impasti singoli del peso complessivo di almeno 200 chilogrammi. Nella composizione delle miscele per ciascun lavoro dovranno essere ammesse variazioni massime dell'1% per quanto riguarda la percentuale di bitume, del 2% per la percentuale di additivo, e del 10% per ciascun assortimento granulometrico stabilito, purché sempre si rimanga nei limiti estremi di composizione e di granulometria fissati per i vari conglomerati.

Per l'esecuzione di conglomerati con bitumi liquidi, valgano le norme sopra stabilite, ma negli impianti dovranno essere muniti di raffreddatori capaci di abbassare la temperatura dell'aggregato, prima essiccato ad almeno 110°C, riducendo all'atto dell'impasto, a non oltre i 70°C. Potrà evitarsi l'uso del raffreddatore rinunciando all'essiccazione dell'aggregato mediante l'impiego di bitumi attivati con sostanze atte a migliorare l'adesione tra gli aggregati ed il bitume in presenza d'acqua. L'uso di questi materiali dovrà essere tuttavia autorizzato dalla direzione dei lavori e avverrà a cura e spese dell'appaltatore. I bitumi liquidi non dovranno essere riscaldati, in ogni caso, a più di 90°C, la loro viscosità non dovrà aumentare per effetto del riscaldamento di oltre 40% rispetto a quella originale.

Qualora si voglia ricorrere all'impiego di bitumi attivati per scopi diversi da quelli sopra indicati, ad esempio per estendere la stagione utile di lavoro o per impiegare aggregati idrofilii si dovrà ottenere la preventiva autorizzazione dalla direzione dei lavori. Per la posa in opera e per il trasporto allo scarico del materiale dovranno essere eseguiti in modo da evitare di modificare o sporcare la miscela e ogni separazione dei vari componenti. I conglomerati dovranno essere portati sul cantiere di stesa a temperature non inferiori ai 110° centigradi, se eseguiti con bitumi solidi. I conglomerati formati con bitumi liquidi potranno essere posti in opera

anche a temperatura ambiente. La stesa in opera del conglomerato sarà condotta, se eseguita a mano, secondo i metodi normali con appositi rastrelli metallici. I rastrelli dovranno avere denti distanziati l'uno dall'altro di un intervallo pari ad almeno 2 volte la dimensione massima dell'aggregato impiegato e di lunghezza pari di almeno 1,5 volte lo spessore dello strato del conglomerato.

Potranno usarsi spatole piane in luogo dei rastrelli solo per manti di spessore inferiore ai 20 millimetri soffici. Per lavori di notevole estensione la posa in opera del conglomerato dovrà essere invece eseguita mediante finitrici meccaniche di tipo idoneo. Le finitrici dovranno essere semoventi; munite di sistema di distribuzione in senso longitudinale e trasversale capace di assicurare il mantenimento della uniformità degli impasti ed un grado uniforme di assettamento in ogni punto dello strato deposto. Dovranno consentire la stesa di strati dello spessore di volta in volta stabilito, di livellette e profili perfettamente regolari, compensando eventualmente le irregolarità della fondazione. A tale scopo i punti estremi di appoggio al terreno della finitrice dovranno distare l'uno dall'altro, nel senso longitudinale della strada, di almeno tre metri; e dovrà approfittarsi di questa distanza per assicurare la compensazione delle ricordate eventuali irregolarità della fondazione. Per la cilindatura del conglomerato si dovranno usare compressori a rapida inversione di marcia, del peso di almeno 5 tonnellate.

Per evitare l'adesione del materiale caldo alle ruote del rullo si provvederà a spruzzare queste ultime con acqua. La cilindatura dovrà essere iniziata dai bordi della strada e si procederà poi di mano in mano verso la mezzeria. I primi passaggi saranno particolarmente cauti per evitare il pericolo di ondulazioni o fessurazioni del manto. La cilindatura dopo il primo consolidamento del manto, dovrà essere condotta anche in senso obliquo all'asse della strada, e, se possibile anche in senso trasversale. La cilindatura dovrà essere continuata sino ad ottenere un sicuro costipamento. Tutti gli orli e i margini comunque limitanti la pavimentazione ed i suoi singoli tratti (come i giunti in corrispondenza alle riprese di lavoro, ai cordoni laterali, alle bocchette dei servizi sotterranei, ecc.) dovranno essere spalmati con uno strato di bitume, prima di addossarvi il manto, allo scopo di assicurare la perfetta impermeabilità ed adesione delle parti. Inoltre tutte le giunzioni e i margini dovranno essere battuti e finiti a mano con gli appositi pestelli da giunta, a base

rettangolare opportunamente scaldati o freddi nel caso di conglomerati preparati con bitumi liquidi.

A lavoro finito i manti dovranno presentare superficie in ogni punto regolarissima, e perfettamente corrispondente alle sagome ed alle livellette di progetto o prescritte dalla direzione dei lavori. A lavoro finito non vi dovranno essere in alcun punto ondulazioni od irregolarità superiori ai 5 millimetri misurati utilizzando un'asta rettilinea della lunghezza di tre metri appoggiata longitudinalmente sulla pavimentazione.

#### **6.17. Manti sottili eseguiti mediante conglomerati bituminosi chiusi**

Per strade a traffico molto intenso, nelle quali si vuole costituire un manto resistente e di scarsa usura e ove si disponga di aggregati di particolare qualità potrà ricorrersi a calcestruzzi bituminosi formati con elevate percentuali di aggregato grosso, sabbia, additivo, bitume. Gli aggregati grossi dovranno essere duri, tenaci, non fragili, provenienti da rocce preferibilmente endogene, ed a fine tessitura: debbono essere non gelivi o facilmente alterabili, né frantumabili facilmente sotto il rullo o per effetto del traffico: debbono sopportare bene il riscaldamento occorrente per l'impasto; la loro dimensione massima non deve superare i 2/3 dello spessore del manto finito.

Di norma l'aggregato grosso sarà costituito da pietrischetto o graniglia ottenuti per frantumazione da rocce aventi resistenza minima alla compressione di kg 1250/cm<sup>2</sup> nella direzione del piano di cava ed in quella normale, coefficiente di Deval non inferiore a 12, assai puliti e tali da non perdere per decantazione in acqua più dell'uno per cento in peso. I singoli pezzi saranno per quanto possibile poliedrici. La pezzatura dell'aggregato grosso sarà da 3 a 15 millimetri con granulometria da 10 a 15 millimetri dal 15 al 20%, da 5 a 10 millimetri dal 20 al 35%, da 3 a 5 millimetri dal 10 al 25%. L'aggregato fine sarà costituito da sabbia granulare preferibilmente proveniente dalla frantumazione del materiale precedente, sarà esente da polvere d'argilla e da qualsiasi sostanza estranea e sarà interamente passante per il setaccio di due millimetri (n.10 della serie A.S.T.M.): la sua perdita di peso per decantazione non dovrà superare il 2%. La granulometria dell'aggregato fine sarà di peso:

- dal 10 al 40% fra mm 2 e mm 0,42 (setacci n. 10 e n. 40 sabbia grossa)

- dal 30 al 55% fra mm 0,42 e mm 0,297 (setacci n. 40 e n. 80 sabbia media)
- dal 16 al 45% fra mm 0,297 e mm 0,074 (setacci n. 80 e n. 200 sabbia fine).

L'additivo minerale (filler) da usare potrà essere costituito da polvere di asfalto passante per intero al setaccio n. 80 (mm 0,297) e per il 90% dal setaccio n. 200 (mm 0,074) ed in ogni caso da polveri di materiali non idrofili. I vuoti risultanti nell'aggregato totale adottato per l'impasto dopo l'aggiunta dell'additivo non dovranno eccedere il 20-22% del volume totale. Il bitume da usarsi dovrà presentare, all'atto dell'impasto (prelevato cioè dall'immissione nel mescolatore) penetrazione da 80 a 100 ed anche fino a 120, onde evitare una eccessiva rigidità non compatibile con lo scarso spessore del manto.

L'impasto dovrà corrispondere ad una composizione ottenuta entro i seguenti limiti:

- a) aggregato grosso delle granulometrie assortite indicate, dal 40 al 60%;
- b) aggregato fine delle granulometrie assortite indicate, dal 25 al 40%;
- c) additivo, dal 4 al 10%;
- d) bitume, dal 5 al 8%.

Nei limiti sopraindicati la formula della composizione degli impasti da adottarsi sarà proposta dall'impresa e dovrà essere preventivamente approvata dalla direzione dei lavori. Su essa saranno consentite variazioni non superiori allo 0.5% in più o in meno per bitume, all'1,5% in più od in meno per gli additivi, al 5% delle singole frazioni degli aggregati in più o in meno, purché si rimanga nei limiti della formula dell'impasto sopra indicato. Particolari calcestruzzi bituminosi a masse chiuse ed a granulometria continua potranno eseguirsi con sabbie e polveri di frantumazione per rivestimenti di massicciate di nuova costruzione o riprofilatura di vecchie massicciate per ottenere manti sottili di usura d'impermeabilizzazione anti-scivoli.

Le sabbie da usarsi potranno essere sabbie naturali di mare o di fiume o di cava o provenire da frantumazione purché assolutamente scevra di argilla e di materie organiche ed essere talmente resistenti da non frantumarsi durante la cilindatura: dette sabbie includeranno una parte di aggregato grosso, ed avranno dimensioni massime da mm 9,52 a mm 0,074 con una percentuale di aggregati del 100% di passante al vaglio di mm 9,52; dell'84% di passante al vaglio di mm

4,76; dal 50 al 100% di passante dal setaccio da mm 2; dal 36 all'82% di passante dal setaccio di mm 1,19; dal 16 al 58% di passante al setaccio di mm 0,42; dal 6 al 32% di passante dal setaccio di mm 0,117; dal 4 al 14% di passante dal setaccio da mm 0,074. Come legante potrà usarsi o un bitume puro con penetrazione da 40 a 200 od un cut-back medium curring di viscosità 400/500, l'uno o l'altro sempre attirato in ragione del 6 o 7,5% del peso degli aggregati secchi: dovrà aversi una compattezza del miscuglio di almeno l'85%. Gli aggregati non dovranno essere scaldati ad una temperatura superiore a 120° centigradi ed il legante del secondo tipo da 130° a 110° centigradi.

Dovrà essere possibile realizzare manti sottili che, nel caso di rivestimenti, aderiscano fortemente a preesistenti trattamenti senza necessità di strati interposti: e alla prova Hobbarb Field si dovrà avere una resistenza dopo 24 ore di 45 kg/cmq. Per l'esecuzione di comuni calcestruzzi bituminosi a massa chiusa da impiegare a caldo, gli aggregati minerali saranno essiccati e riscaldati in adatto essiccatore a tamburo provvisto di ventilatore e collegato ad alimentatore meccanico. Mentre l'aggregato caldo dovrà essere riscaldato a temperatura fra i 130° ed i 170° centigradi, il bitume sarà riscaldato tra 160° e 180° centigradi in adatte caldaie suscettibili di controllo mediante idonei termometri registratori. L'aggregato caldo dovrà essere riclassificato in almeno tre assortimenti e raccolto, prima di essere immesso nella tramoggia di pesatura, in tre sili separati, uno per l'aggregato fine e due per quello grosso.

Per la formazione delle miscele dovrà usarsi una impastatrice meccanica di tipo adatto, tale da formare impasti del peso singolo non inferiore a kg 200 ed idonea a consentire la dosatura a peso di tutti i componenti ed assicurare la perfetta regolarità ed uniformità degli impasti. Per i conglomerati da stendere a freddo saranno adottati gli stessi apparecchi avvertendo che il legante sarà riscaldato ad una temperatura compresa fra i 90° ed i 110° centigradi e l'aggregato sarà riscaldato in modo che all'atto della immissione nella mescolatrice abbia una temperatura compresa tra i 50° e 80° centigradi. Per tali conglomerati è inoltre consentito all'impresa di proporre apposita formula nella quale l'aggregato fine venga sostituito in tutto od in parte da polvere di asfalto da aggiungersi fredda: in tal caso la percentuale di bitume da miscelare nell'impasto dovrà essere di conseguenza

ridotta. Pur rimanendo la responsabilità della riuscita a totale carico dell'impresa, la composizione variata dovrà sempre essere approvata dalla direzione dei lavori.

Per la posa in opera, previa energica spazzatura e pulitura della superficie stradale, e dopo avere eventualmente congruagliato la massicciata con pietrischetto bitumato, se trattasi di massicciata nuda, e quando non si debba ricorrere a particolare strato di collegamento (binder), di procedere alla spalmatura della superficie stradale con un chilogrammo di emulsione bituminosa per metro quadrato ed alla successiva stesura dell'impasto di quantità idonea a determinare lo spessore prescritto: comunque mai inferiore a kg 66/mq in peso per manti di tre centimetri ed a kg 44/mq per manti di due centimetri. Per la stesura si adopereanno rastrelli metallici e si useranno guide di legno e sagome per l'esatta configurazione e rettifica del piano viabile e si procederà poi alla cilindatura, iniziandosi dai bordi della strada e procedendo verso la mezzeria, usando rullo a rapida inversione di marcia, del peso da 4 a 6 tonnellate, con ruote tenute umide con spruzzi di acqua, qualora il materiale aderisca ad esse.

La cilindatura, dopo il primo assestamento, onde assicurare la regolarità, sarà condotta anche in senso obliquo alla strada (e, quando si possa, altresì, trasversalmente): essa sarà continuata sino ad ottenere il massimo costipamento. Al termine delle opere di cilindatura, per assicurare la chiusura del manto bituminoso, in attesa del costipamento definitivo prodotto dal traffico, potrà prescriversi una spalmatura di kg 0,700 per metro quadrato di bitume a caldo eseguita a spruzzo, ricoprendola poi con graniglia analoga a quella usata per il calcestruzzo ed effettuando una ultima passata di compressore.

E' tassativamente prescritto che non dovranno aversi ondulazioni nel manto; questo sarà rifiutato se, a cilindatura ultimata, la strada presenterà depressioni maggiori di tre millimetri al controllo effettuato con aste lunghe tre metri nel senso parallelo all'asse stradale e con la sagoma nel senso normale. Lo spessore del manto sarà fissato nell'elenco prezzi: comunque esso non sarà mai inferiore, per il solo calcestruzzo bituminoso compresso, a 20 millimetri ad opera finita. Il suo spessore sarà relativo allo strato della massicciata ed al preesistente trattamento protetto da essa. La percentuale dei vuoti del manto non dovrà risultare superiore al 15%: dopo sei mesi dall'apertura al traffico tale percentuale dovrà ridursi ad essere

non superiore al 5%. Inoltre il tenore di bitume non dovrà differire, in ogni tassello che possa prelevarsi, da quello prescritto di più dell'1% e la granulometria dovrà risultare corrispondente a quella indicata con le opportune tolleranze. A garanzia dell'esecuzione l'assuntore assumerà la gratuita manutenzione dell'opera per un triennio. Al termine del primo anno lo spessore del manto non dovrà essere diminuito di oltre un millimetro; al termine del triennio di oltre quattro millimetri.

### **6.18. Opere e strutture in calcestruzzo armato**

#### A) Norme di esecuzione per il cemento armato normale

Durante l'esecuzione di opere in cemento armato normale, l'appaltatore deve attenersi alle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche per le costruzioni e di seguito dettagliate.

a) Gli impasti devono essere preparati e trasportati in modo da escludere pericoli di segregazione dei componenti o di prematuro inizio della presa al momento del getto. Il getto deve essere convenientemente compattato e la relativa superficie deve essere mantenuta umida per almeno tre giorni. Non si deve mettere in opera il conglomerato a temperature minori di 0 °C, salvo il ricorso ad opportune cautele.

b) Le giunzioni delle barre in zona tesa, quando non evitabili, devono essere realizzate possibilmente nelle regioni di minor sollecitazione, in ogni caso devono essere opportunamente sfalsate. Le giunzioni di cui sopra possono effettuarsi mediante:

- saldature eseguite in conformità delle norme in vigore sulle saldature;
- manicotto filettato;
- sovrapposizione calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione in retto deve essere non minore di 20 volte il diametro e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compromessa. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 6 volte il diametro.

c) Le barre piegate devono presentare, nelle piegature, un raccordo circolare di raggio non minore di 6 volte il diametro. Gli ancoraggi devono rispondere a quanto prescritto nelle Norme Tecniche per le costruzioni. Per barre di acciaio in-crudito a freddo le piegature non possono essere effettuate a caldo.

d) La superficie dell'armatura resistente deve distare dalle facce esterne del conglomerato di almeno 0,8 cm nel caso di solette, setti e pareti, e di almeno 2 cm nel caso di travi e pilastri. Tali misure devono essere aumentate, e al massimo rispettivamente portate a 2 cm per le solette ed a 4 cm per le travi ed i pilastri, in presenza di salsedine marina ed altri agenti aggressivi. Copriferrì maggiori richiedono opportuni provvedimenti intesi ad evitare il distacco (per esempio reti). Le superfici delle barre devono essere mutuamente distanziate in ogni direzione di almeno una volta il diametro delle barre medesime e, in ogni caso, non meno di 2 cm. Si potrà derogare a quanto sopra raggruppando le barre a coppie ed aumentando la mutua distanza minima tra le coppie ad almeno 4 cm. Per le barre di sezione non circolare si deve considerare il diametro del cerchio circoscritto.

e) Il disarmo deve avvenire per gradi ed in modo da evitare azioni dinamiche. Esso non deve inoltre avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore necessario in relazione all'impiego della struttura all'atto del disarmo, tenendo anche conto delle altre esigenze progettuali e costruttive; la decisione è lasciata al giudizio del Direttore dei lavori.

#### B) Norme di esecuzione per il cemento armato precompresso

Nell'esecuzione delle opere di cemento armato precompresso l'appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni contenute nelle Norme Tecniche per le costruzioni di seguito dettagliate.

a) Il getto deve essere costipato per mezzo di vibratorì ad ago od a lamina, ovvero con vibratorì esterni, facendo particolare attenzione a non deteriorare le guaine dei cavi;

b) Le superfici esterne dei cavi post - tesi devono distare dalla superficie del conglomerato non meno di 25 mm nei casi normali, e non meno di 35 mm in caso di strutture site all'esterno o in ambiente aggressivo. Il ricoprimento delle armature pre-tese non deve essere inferiore a 15 mm o al diametro massimo dell'inerte impiegato, e non meno di 25 mm in caso di strutture site all'esterno o in ambiente aggressivo.

c) Dietro gli apparecchi di ancoraggio deve disporsi un'armatura tridirezionale atta ad assorbire, con largo margine, gli sforzi di trazione e di taglio derivanti dalla diffusione delle forze concentrate, ivi comprese le eventuali reazioni vincola-

ri.

d) Nel corso dell'operazione di posa si deve evitare, con particolare cura, di danneggiare l'acciaio con intagli, pieghe, etc...

e) Si deve altresì prendere ogni precauzione per evitare che i fili subiscano danni di corrosione sia nei depositi di approvvigionamento sia in opera, fino alla ultimazione della struttura. All'atto della messa in tiro si debbono misurare contemporaneamente lo sforzo applicato e l'allungamento conseguito; i due dati debbono essere confrontati tenendo presente la forma del diagramma sforzi allungamenti a scopo di controllo delle perdite per attrito. Per le operazioni di tiro, ci si atterrà a quanto previsto nelle Norme Tecniche per le costruzioni. L'esecuzione delle guaine, le caratteristiche della malta, le modalità delle iniezioni devono egualmente rispettare le suddette norme.

#### C) Responsabilità per le opere in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato pre-compresso

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso l'appaltatore deve attenersi strettamente a tutte le disposizioni contenute nelle Norme Tecniche per le costruzioni. Per le costruzioni ricadenti in zone dichiarate sismiche si dovrà fare riferimento alla normativa vigente ed in particolare alle specifiche indicate nella "Nota esplicativa Dip. Protezione Civile Uff. SSN" del 4.07.2003 facente riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 (G.U. 8.05.2003). L'esame e verifica da parte della direzione dei lavori dei progetti delle varie strutture in cemento armato non esonera in alcun modo l'impresa e il progettista delle strutture dalle responsabilità loro derivanti per legge e per le precise pattuizioni del contratto.