

	<b>Comune di Firenze</b> Direzione Risorse Tecnologiche Direzione Servizi Tecnici Gruppo di lavoro Fi-Net	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Parte II° - Capitolato speciale d'appalto – Norme tecniche**

*Articolo 44 8*

<b>QUALITÀ DEI MATERIALI</b> .....	<b>8</b>
44.1. ACQUA PER GLI IMPASTI.....	8
44.2. LEGANTI IDRAULICI.....	8
44.3. GESSI 9	
44.4. GHIAIA, PIETRISCO E SABBIA .....	9
44.5. PIETRE NATURALI E MATERIALI PORFIRICI .....	9
44.6. LEGNAMI .....	13
44.7. MATERIALI FERROSI .....	13
44.8. SEGNALI STRADALI .....	14

*Articolo 45 16*

<b>PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI PER</b> .....	<b>16</b>
<b>L'ESECUZIONE DEI LAVORI</b> .....	<b>16</b>

*Articolo 46 17*

<b>SCAVI E DEMOLIZIONI</b> .....	<b>17</b>
46.1. SCAVI DI SBANCAMENTO .....	17
46.2. SCAVI DI FONDAZIONE.....	17
46.3. DEMOLIZIONI .....	18

*Articolo 47 18*

<b>MURATURE</b> .....	<b>18</b>
47.1. MURATURA A SECCO .....	18

*Articolo 48 19*

<b>CALCESTRUZZI E CONGLOMERATI</b> .....	<b>19</b>
48.1. CALCESTRUZZO DI MALTA ORDINARIO O CICLOPICO.....	19
48.2. CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	19

*Articolo 49 21*

<b>FORNITURA E POSA IN OPERA DI TUBAZIONI</b> .....	<b>21</b>
49.1. GENERALITÀ.....	21
49.2. MISURE DEI MATERIALI .....	21
49.3. POSA IN OPERA DI FOGNATURE IN ELEMENTI PREFABBRICATI .....	22
49.3.1. FOGNE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO DEL TIPO NORMALE.....	22

	<b>Comune di Firenze</b> Direzione Risorse Tecnologiche Direzione Servizi Tecnici Gruppo di lavoro Fi-Net	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

49.3.2. FOGNE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO DEL TIPO A BICCHIERE A GIUNTO ELASTICO.....	24
49.3.3. NORME COMUNI AI VARI TIPI DI FOGNE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO.....	25
49.3.4. FOGNE PREFABBRICATE IN P.V.C. TUBAZIONI SEZIONE CIRCOLARE .....	26
<i>Articolo 50 26</i>	
<b>PAVIMENTAZIONI IN MASSELLI DI PIETRA .....</b>	<b>26</b>
<b>(LASTRICATI).....</b>	<b>26</b>
<b>PAVIMENTAZIONE IN PIETRAFORTE ED IN PIETRA MACIGNO .....</b>	<b>28</b>
<b>50.1 PIETRAFORTE ALBARESE .....</b>	<b>28</b>
<b>50.2 PIETRA MACIGNO .....</b>	<b>29</b>
<i>Articolo 51 29</i>	
<b>PAVIMENTAZIONI IN CUBETTI DI PIETRA.....</b>	<b>29</b>
<i>Articolo 52 30</i>	
<b>PALI DI FONDAZIONE .....</b>	<b>30</b>
<b>52.1. PALI PREFABBRICATI .....</b>	<b>30</b>
<b>52.3. PALI TRIVELLATI .....</b>	<b>31</b>
<i>Articolo 53 32</i>	
<b>COSTRUZIONI IN ACCIAIO.....</b>	<b>32</b>
<i>Articolo 54 33</i>	
<b>INDAGINI E RILIEVI GEOGNOSTICI.....</b>	<b>33</b>
<b>54.1. GENERALITÀ.....</b>	<b>33</b>
<b>54.2. INDAGINI IN SITO E PRELIEVO DI CAMPIONI.....</b>	<b>33</b>
<b>54.3. RELAZIONE.....</b>	<b>34</b>
<i>Articolo 55 34</i>	
<b>CONTROLLO PROVE E CONSEGNA DEI MATERIALI.....</b>	<b>34</b>
<i>Articolo 56 35</i>	
<b>SEGNALETICA ORIZZONTALE .....</b>	<b>35</b>
<b>56.1. – SEGNALETICA AD ELEVATA RETRORIFLETTENZA .....</b>	<b>35</b>
<b>56.2. – VERNICI TERMOPLASTICHE SPRUZZATE .....</b>	<b>36</b>
<b>56.2.1. – CONDIZIONI DI STABILITÀ.....</b>	<b>36</b>
<b>56.2.2. – CARATTERISTICHE DELLE SFERE DI VETRO .....</b>	<b>36</b>
<b>56.2.3. – IDONEITÀ DI APPLICAZIONE.....</b>	<b>37</b>
<b>56.2.3. BIS– QUANTITÀ DI VERNICE DA IMPIEGARE E TEMPO DI ESSICAMENTO .</b>	<b>37</b>
<b>56.2.4. – VISCOSITÀ.....</b>	<b>37</b>
<b>56.2.5. – RESIDUO.....</b>	<b>37</b>
<b>56.2.6. – CONTENUTO DI PIGMENTO.....</b>	<b>37</b>
<b>56.2.7. – RESISTENZA AI LUBRIFICANTI E CARBURANTI .....</b>	<b>37</b>

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

56.2.8. – PROVA DI RUGOSITÀ SU STRADA.....	37
56.2.9. – DILUENTE.....	38
56.2.10. – CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RICHIESTE.....	38
56.2.11. – CANCELLAZIONE DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE .....	40
<b>56.3. – STRISCIE LAMINATE ELASTO-PLASTICHE AUTOADESIVE .....</b>	<b>40</b>
56.3.1. - DESCRIZIONE .....	40
56.3.2. - CARATTERISTICHE DEL MATERIALE.....	40
56.3.3. - REQUISITI DI ACCETTAZIONE.....	40
56.3.3.1. - Applicazione di margine sinistro .....	40
56.3.3.2. - applicazioni di margine destro e tratteggio frecce e scritte .....	40
56.3.4. - POSA IN OPERA .....	41
56.3.5. - DURATA, GARANZIE E PENALI .....	41

**Articolo 57 42**

**MISURAZIONE DEI LAVORI..... 42**

57.1. SCAVI E RILEVATI.....	42
57.1.1. SCAVI DI SBANCAMENTO E DI FONDAZIONE.....	43
57.1.2. RILEVATI.....	44
57.2. MASSICCIATA .....	45
57.3. CILINDRATURA DI MASSICCIATA E FONDAZIONE.....	46
57.4. FONDAZIONI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO .....	46
57.5. TRATTAMENTI SUPERFICIALI E PAVIMENTAZIONI .....	46

**Articolo 58 47**

**MOVIMENTI DI MATERIE..... 47**

58.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI.....	47
58.2 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI.....	48
58.2.1 DISCARICHE E LUOGHI DI DEPOSITO .....	48
58.2.2 CAVE DI PRESTITO.....	49
58.2.3 IMPIANTI DI PRODUZIONE DI MATERIALI RICICLATI.....	50
58.2.3.1 Requisiti degli impianti di produzione .....	50
58.2.3.2 Formazione, stoccaggio e caratterizzazione dei lotti .....	51
58.2.3.3 Campionamento ai fini della caratterizzazione del prodotto .....	52
58.2.3.4 Accettazione per l'impiego.....	55
58.2.4 CAMPO PROVE PER L'IMPIEGO DEI MATERIALI .....	55
58.2.5 PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLE LAVORAZIONI.....	57
58.3 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....	58
58.3.1 MATERIALI SCIOLTI NATURALI .....	58
58.3.2 MATERIALI RICICLATI.....	59
58.3.2.1 Categorie di aggregati riciclati .....	59
58.3.2.2 Composizione delle miscele .....	61
58.3.2.3 Requisiti chimici.....	61
58.4 ESECUZIONE DEI LAVORI.....	61
58.4.1 SCAVI E DEMOLIZIONI PER LA FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE EX NOVO .....	61
58.4.1.1 Smacchiamento .....	62
58.4.1.2 Scotciamento .....	62
58.4.1.3 Scavi di sbancamento .....	63



58.4.1.4	Scavi a sezione ristretta .....	64
58.4.1.5	Scavi subacquei .....	65
58.4.1.6	Demolizioni .....	65
58.4.1.7	Scavi in roccia .....	65
58.4.1.8	Reimpiego dei materiali di scavo .....	66
<b>58.4.2</b>	<b>DEMOLIZIONE DELLE SOVRASTRUTTURE ESISTENTI.....</b>	<b>66</b>
58.4.2.1	Demolizione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzata con frese .....	66
58.4.2.2	Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali .....	67
58.4.2.3	Reimpiego dei conglomerati bituminosi riciclati.....	67
<b>58.4.3</b>	<b>PIANO DI POSA DEI RILEVATI .....</b>	<b>68</b>
58.4.3.1	Preparazione del terreno di sedime.....	68
58.4.3.2	Terreni cedevoli.....	68
58.4.3.3	Requisiti di portanza.....	69
58.4.3.4	Bonifiche .....	69
<b>58.4.4</b>	<b>STRATI ANTICAPILLARI.....</b>	<b>69</b>
58.4.4.1	Strati in materiale granulare .....	70
58.4.4.2	Geotessili .....	70
<b>58.4.5</b>	<b>CORPO DEL RILEVATO .....</b>	<b>71</b>
58.4.5.1	Materiali costituenti.....	71
	Materiali sciolti naturali.....	71
	Materiali riciclati .....	72
58.4.5.2	Posa in opera .....	73
58.4.5.3	Compattazione.....	74
58.4.5.4	Protezione.....	75
<b>58.4.6</b>	<b>STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE O CON CALCE E CEMENTO .....</b>	<b>75</b>
58.4.6.1	Caratteristiche delle terre da stabilizzare.....	76
58.4.6.2	Leganti.....	76
	Cemento.....	77
	Acqua.....	77
58.4.6.3	Progetto delle miscele.....	77
58.4.6.4	Modalità di esecuzione dei lavori.....	79
58.4.6.5	Controlli di esecuzione .....	80
<b>58.4.7</b>	<b>MASSICCI IN TERRA RINFORZATA.....</b>	<b>81</b>
<b>58.4.8</b>	<b>SOTTOFONDO .....</b>	<b>82</b>
58.4.8.1	Materiali costituenti.....	82
	Materiali riciclati .....	84
<b>58.5</b>	<b>CONTROLLI.....</b>	<b>86</b>
<b>58.5.1</b>	<b>CONTROLLO DELLE FORNITURE .....</b>	<b>86</b>
<b>58.5.2</b>	<b>CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI E DETRAZIONI.....</b>	<b>86</b>
58.5.2.1	Frequenza dei controlli sugli strati finiti.....	92
58.5.2.2	Tolleranze sui risultati .....	92
58.5.2.3	Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto .....	93
<b>58.5.3</b>	<b>RIEMPIMENTI .....</b>	<b>93</b>
 <b>Articolo 59 94</b>		
<b>FONDAZIONI E BASI NON LEGATE..... 94</b>		
<b>59.1</b>	<b>GENERALITÀ E DEFINIZIONI.....</b>	<b>94</b>
<b>59.2</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>95</b>
<b>59.2.1</b>	<b>AGGREGATI LAPIDEI DI PRIMO IMPIEGO .....</b>	<b>95</b>



<b>59.2.2</b>	<b>AGGREGATI RICICLATI .....</b>	<b>97</b>
	58.5.2.1 Requisiti di composizione .....	97
	58.5.2.2 Requisiti fisico- meccanici .....	97
	58.5.2.3 Requisiti chimici.....	97
<b>59.2.3</b>	<b>MISCELE .....</b>	<b>99</b>
<b>59.3</b>	<b>ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....</b>	<b>100</b>
<b>59.4</b>	<b>CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....</b>	<b>101</b>
<b>59.5</b>	<b>ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>101</b>
<b>59.6</b>	<b>CONTROLLI.....</b>	<b>101</b>
<b>59.6.1</b>	<b>CONTROLLO DELLE FORNITURE .....</b>	<b>101</b>
<b>59.6.2</b>	<b>CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI.....</b>	<b>103</b>
	59.6.2.1 Portanza.....	103
	59.6.2.2 Tolleranze sui risultati .....	104
	59.6.2.3 Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto .....	105

**Articolo 60 106**

**STRATI DI FONDAZIONE, SOTTOBASE E BASE IN MISTI A LEGANTE  
IDRAULICO E/O BITUMINOSO..... 106**

<b>60.1</b>	<b>MISTO CEMENTATO .....</b>	<b>106</b>
<b>60.1.1</b>	<b>GENERALITA' E DEFINIZIONI .....</b>	<b>106</b>
<b>60.1.2</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>106</b>
<b>60.1.3</b>	<b>COMPOSIZIONE DELLE MISCELE .....</b>	<b>110</b>
<b>60.1.4</b>	<b>ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....</b>	<b>112</b>
<b>60.1.5</b>	<b>CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE .....</b>	<b>112</b>
<b>60.1.6</b>	<b>ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>113</b>
<b>60.1.7</b>	<b>CONTROLLI .....</b>	<b>114</b>
	Portanza e detrazioni.....	115
	Tolleranze sui risultati .....	116
	Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto .....	118
<b>60.2</b>	<b>MISCELE OTTENUTE DA RICICLAGGIO IN SITO DEL MISTO CEMENTATO E/O GRANULARE CON AGGIUNTA DI CEMENTO E ACQUA .....</b>	<b>118</b>
<b>60.2.1</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>118</b>
<b>60.2.2</b>	<b>STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO .....</b>	<b>119</b>
<b>60.2.3</b>	<b>ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....</b>	<b>121</b>
<b>60.2.4</b>	<b>ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>121</b>
<b>60.2.5</b>	<b>CONTROLLI .....</b>	<b>122</b>
<b>60.3</b>	<b>MISCELE OTTENUTE DA RICICLAGGIO A FREDDO IN SITO DI MISTI GRANULARI E/O CEMENTATI CON BITUME SCHIUMATO E CEMENTO .....</b>	<b>123</b>
<b>60.3.1</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>123</b>
<b>60.3.2</b>	<b>STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO .....</b>	<b>125</b>
<b>60.3.3</b>	<b>ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....</b>	<b>127</b>
<b>60.3.4</b>	<b>ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>128</b>
<b>60.3.5</b>	<b>CONTROLLI .....</b>	<b>128</b>
<b>60.4</b>	<b>MISCELE OTTENUTE DA RICICLAGGIO A FREDDO IN SITO DI MATERIALI PREESISTENTI CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA E CON AGGIUNTA DI CEMENTO .....</b>	<b>131</b>
<b>60.4.1</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>131</b>

	<b>Comune di Firenze</b> Direzione Risorse Tecnologiche Direzione Servizi Tecnici Gruppo di lavoro Fi-Net	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

60.4.2	STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO .....	133
60.4.3	ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....	135
60.4.4	ESECUZIONE DEI LAVORI.....	136
60.4.5	CONTROLLI .....	136

*Articolo 61 136*

**STRATI DELLA PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO..... 136**

<b>61.1</b>	<b>GENERALITA' E DEFINIZIONI .....</b>	<b>136</b>
<b>61.2</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>137</b>
61.2.1	AGGREGATI.....	137
61.2.2	CONGLOMERATO RICICLATO .....	140
61.2.3	LEGANTE .....	141
61.2.4	ADDITIVI.....	144
<b>61.3</b>	<b>COMPOSIZIONE DELLE MISCELE .....</b>	<b>145</b>
	Condizioni di prova .....	146
<b>61.4</b>	<b>BINDER AD ALTO MODULO .....</b>	<b>148</b>
	Condizioni di prova .....	149
<b>61.5</b>	<b>ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....</b>	<b>150</b>
<b>61.6</b>	<b>ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>151</b>
61.6.1	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	151
61.6.2	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA .....	152
61.6.3	POSA IN OPERA DELLE MISCELE .....	153
<b>61.7</b>	<b>CONTROLLI.....</b>	<b>154</b>
61.7.1	CONTROLLO DELLE FORNITURE .....	154
61.7.2	CONTROLLO DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA .....	155
61.7.3	CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI.....	156

*Articolo 62 160*

**FORMAZIONE DI MANTI DI USURA SPECIALI..... 160**

<b>62.1</b>	<b>GENERALITÀ E DEFINIZIONI.....</b>	<b>160</b>
<b>62.2</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>161</b>
62.2.1	AGGREGATI.....	161
62.2.2	LEGANTE .....	162
62.2.3	ADDITIVI.....	163
<b>62.3</b>	<b>CONGLOMERATI BITUMINOSI DRENANTI.....</b>	<b>164</b>
62.3.1	STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO .....	164
	Condizioni di prova .....	165
<b>62.4</b>	<b>MICROTAPPETI A CALDO .....</b>	<b>166</b>
62.4.1	STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO .....	166
	Condizioni di prova .....	167
<b>62.5</b>	<b>SPLITTMASTIX ASPHALT (SMA) .....</b>	<b>167</b>
62.5.1	STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO .....	168
	Condizioni di prova .....	168
<b>62.6</b>	<b>ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....</b>	<b>169</b>

	<b>Comune di Firenze</b> Direzione Risorse Tecnologiche Direzione Servizi Tecnici Gruppo di lavoro Fi-Net	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

<b>62.7</b>	<b>ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>169</b>
62.7.1	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	169
62.7.2	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA .....	170
62.7.3	POSA IN OPERA DELLE MISCELE.....	172
<b>62.8</b>	<b>CONTROLLI.....</b>	<b>173</b>
62.8.1	CONTROLLO DELLE FORNITURE .....	173
62.8.2	CONTROLLO DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA .....	173
62.8.3	CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI.....	174

*Articolo 63 176*

**TRATTAMENTI BITUMINOSI A FREDDO ..... 176**

<b>63.1</b>	<b>TRATTAMENTI SUPERFICIALI DI IRRUVIDIMENTO A FREDDO .....</b>	<b>177</b>
63.1.1	GENERALITÀ E DEFINIZIONI.....	177
63.1.2	QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....	177
63.1.3	COMPOSIZIONE DEI TRATTAMENTI.....	179
63.1.4	ESECUZIONE DEI LAVORI.....	180
63.1.5	CONTROLLI .....	182
<b>63.2</b>	<b>MICROTAPPETI A FREDDO (SLURRY SEALS).....</b>	<b>184</b>
63.2.1	GENERALITÀ E DEFINIZIONI.....	184
63.2.2	QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....	184
63.2.3	STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO .....	186
63.2.4	ACCETTAZIONE DELLE MISCELE.....	188
63.2.5	ESECUZIONE DEI LAVORI.....	188
63.2.6	CONTROLLI .....	189

*Articolo 64 191*

**STRATI DI BASE E BINDER REALIZZANTI CON CONGLOMERATI  
BITUMINOSI CONFEZIONATI A TIEPIDO..... 191**

<b>64.1</b>	<b>GENERALITA' E DEFINIZIONI .....</b>	<b>191</b>
<b>64.2</b>	<b>QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI.....</b>	<b>191</b>
<b>64.3</b>	<b>MISCELE .....</b>	<b>195</b>
<b>64.4</b>	<b>ESECUZIONE DEI LAVORI.....</b>	<b>197</b>
<b>64.5</b>	<b>CONTROLLI.....</b>	<b>201</b>

**GENERALITÀ**

Per quanto riguarda la qualità, la provenienza dei materiali e le modalità d'esecuzione di ogni categoria di lavoro, la misurazione e la valutazione dei lavori e delle opere stesse, saranno osservate le prescrizioni del presente Capitolato Speciale ed in mancanza si farà riferimento al *Capitolato Speciale d'Appalto dell'A.N.A.S.* pubblicato nel 2008.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

#### Articolo 44

### QUALITÀ DEI MATERIALI

I materiali da costruzione da impiegarsi nei lavori dovranno corrispondere a tutte le prescrizioni del presente Capitolato Speciale e della loro idoneità ad essere impiegati, sarà giudice inappellabile la Direzione dei Lavori.

Salvo speciali prescrizioni essi dovranno provenire da cave, fabbriche, depositi etc., scelti ad esclusiva cura dell'Appaltatore; il quale non potrà quindi accampare alcuna eccezione qualora in corso di coltivazione delle cave o di esercizio delle fabbriche, etc. i materiali non fossero più rispondenti ai requisiti prescritti, ovvero venissero a mancare, ed esso fosse quindi obbligato a ricorrere ad altre cave in località diverse od a diverse provenienze, intendendosi che anche in tali casi resteranno invariati i prezzi unitari stabiliti in Elenco come pure le prescrizioni relative alla qualità dei materiali.

L'Appaltatore è tenuto a far eseguire in cantiere, presso gli stabilimenti di produzione, presso i laboratori autorizzati, tutte le prove (prescritte dal presente Capitolato o dalla D.L.), sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti prefabbricati o formati in opera.

In particolare si prescrivono i seguenti requisiti:

#### **44.1. ACQUA PER GLI IMPASTI**

L'acqua dovrà essere dolce, limpida e non contenere i solfati ed i cloruri in percentuale dannosa, esente da materie terrose o inquinata da materie organiche e comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata.

Dovrà avere un PH compreso fra 6 e 8 e torbidezza inferiore al 2%.

#### **44.2. LEGANTI IDRAULICI**

I cementi e gli agglomerati cementizi a rapida o lenta presa da impiegare per qualsiasi lavoro risponderanno ai requisiti fissati dal D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni*, dalla Legge 15.11.1971, n° 1086 e dal D.M. del 16/06/76 e ss.mm.

I leganti idraulici saranno forniti e conservati perfettamente asciutti.

Peraltro è riservata alla Direzione dei Lavori la facoltà di rifiutare quei cementi, di qualunque provenienza essi siano, che a suo esclusivo ed inappellabile giudizio non ritenesse adatti per il lavoro da eseguire.

Le calce aeree dovranno rispondere ai requisiti di accettazione e prove di cui alle norme vigenti riportate nel R.D. 16 novembre 1939, n° 2231.



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

#### **44.3. GESSI**

Il gesso sarà di recente cottura, fornito e conservato perfettamente asciutto e macinato da non lasciare residui sullo staccio di 56 maglie a cmq..

#### **44.4. GHIAIA, PIETRISCO E SABBIA**

La ghiaia, la sabbia ed il pietrisco, scevri da sostanze friabili e terrose, polverulenti, organiche o comunque dannose, saranno bene assortiti in grandezza e costituiti da grani resistenti e non gelivi, provenienti da rocce compatte, non gessose né decomposte.

Detti materiali quando servono alla formazione di calcestruzzi e malte, dovranno rispondere ai requisiti fissati dal D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni*, dalla L. 1086/1971 e a tutte le successive disposizioni, nonché alle norme emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.) al riguardo. La granulometria degli impasti sarà fissata nei vari titoli di lavori o dall'apposita curva granulometrica indicata dalla Direzione dei Lavori.

Per le altre opere la Direzione dei Lavori fisserà, a seconda della loro natura, le dimensioni limite dei materiali; comunque gli elementi formanti le ghiaie ed i pietrischi dovranno passare almeno attraverso un vaglio a fori circolari di cm. 3 di diametro e non passare attraverso i fori di cm. 1 di diametro.

Il pietrischetto, per la ricopertura dei trattamenti superficiali, dovrà essere provvisto in elementi assortiti di dimensioni fra mm. 7 e mm. 20 ed assolutamente scevro da materie polverulenti.

La sabbia dovrà essere costituita da grani passanti allo staccio 2 UNI 2332 per murature in genere e grani passanti allo staccio 0,5 UNI 2332 per gli intonaci e le murature di paramento od in pietra da taglio.

La sabbia per conglomerati cementizi dovrà rispondere ai requisiti di cui al D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni* e al D.M. 27/07/1985, essere esente da sostanze organiche e presentare una perdita per decantazioni in acqua, inferiore al 2%.

#### **44.5. PIETRE NATURALI E MATERIALI PORFIRICI**

I materiali dovranno corrispondere alle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 16.11.1939 n° 2232. In generale le pietre da impiegarsi dovranno essere omogenee, a grana compatta, non gelive, esenti da screpolature, venature, piani di sfaldatura, sostanze estranee, scaglie, cavità, etc. Saranno da escludere le pietre eccessivamente marnose, gessose ed in generale tutte quelle alterabili dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente; le prove per l'accertamento dei requisiti chimico-fisici e meccanici saranno effettuate in conformità alle norme di cui al R.D. citato.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Per le forniture di "Pietraforte" e di "Pietraserena" dovranno essere raggiunte le seguenti specifiche:

	<b>PIETRAFORTE</b>	<b>PIETRASERENA</b>	<b>NORME</b>
PESO DI VOLUME	circa 2,65 gr/mc.	circa 2,50 gr/mc.	C.N.R. fasc. 4 '53 R.D. 2232/39
COEFF. DI IMBIBIZ.	max. 0,006	max. 0,022	C.N.R. fasc. 4 '53 R.D. 2232/39
RESIS. ALLA COMPR.	oltre 1500 kg/cmq.	oltre 900 kg/cmq.	C.N.R. fasc. 4 '53 R.D. 2232/39
COEFF. DI ABRAS.	max. 2,60	max. 3,30	R.D. 2234/39

Si intendono materialmente allegare al presente Capitolato le norme UNI relative a manufatti lapidei stradali, alle quali per le rispettive categorie, i materiali devono adeguarsi se non diversamente disposto:

- UNI 2712 - cordoni per marciapiedi
- UNI 2713 - bocchette di scarico di pietra
- UNI 2714 - risvolti di pietra per ingressi carrai
- UNI 2715 - guide di pietra per ingressi carrai
- UNI 2717 - guide di pietra
- UNI 2718 - masselli di pietra per pavimentazione
- UNI 2719 - cubetti di pietra per pavimentazione

Prima di iniziare i lavori l'Appaltatore dovrà predisporre, a propria cura e spese, i campioni dei manufatti lavorati secondo prescrizione, sottoponendoli all'esame della D.L.. Tali campioni se accettati, saranno contrassegnati e conservati come termine di riferimento e confronto, negli uffici della Direzione o in locali appositamente assegnati. Le lavorazioni della faccia superiore dei conci di pietra usati per la pavimentazione dovranno essere eseguite a mano. Sono da escludere tassativamente le lavorazioni eseguite a macchina.

#### **MATERIALI PORFIRICI**

Tutti i materiali porfirici trattati nel presente Capitolato Speciale devono provenire esclusivamente da cave ove si coltiva il Porfido stratificato a piani in vista naturali di cava.

Le caratteristiche fisico - meccaniche dei porfidi rientrano nei seguenti limiti, stabiliti da ricerche e prove dell'Università di Pisa:

carico di rottura a compressione	kg/cm <sup>2</sup> 2602/2902
carico di rottura e compressione dopo gelività	kg/cm <sup>2</sup> 2556/3023
coefficiente di inibizione (in peso)	% 5,25/7,65
resistenza a flessione	kg/cm <sup>2</sup> 227/286

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

carico di rottura a compressione	kg/cm <sup>2</sup> 2602/2902
prova d'urto: altezza minima di caduta	cm 60/69
coefficiente di dilatazione lineare termica	mm/m1/°C 0,00296/0,007755
usura per attrito radente	mm 0,36/0,60
peso per unità di volume	kg/m <sup>3</sup> 2543/2563

Le colorazioni fondamentali dei materiali porfirici che saranno accettati sono esclusivamente: grigio -rosso e grigio -viola.

### ***Cubetti***

Sono solidi a forma pressoché cubica, ottenuti per spaccatura meccanica e il cui spigolo è variabile a seconda del tipo classificato.

Essi vengono distinti, a seconda della lunghezza in cm di detto spigolo, nei seguenti assortimenti: 4/6 -6/8 - 8/10 -10/12. Ciascun assortimento dovrà comprendere solo elementi aventi spigoli di lunghezza compresa nei limiti sopraindicati, con la tolleranza di cm 1.

I vari spigoli del cubetto non dovranno essere necessariamente uguali e le varie facce spaccate non saranno necessariamente ortogonali tra loro.

La superficie superiore del cubetto dovrà essere a piano naturale di cava e non dovrà presentare eccessiva ruvidità.

Le quattro facce laterali sono ricavate a spacco e si presentano quindi con superficie più ruvida ed in leggera sottosquadra.

Ogni assortimento dovrà comprendere cubetti di varie dimensioni entro i limiti che definiscono l'assortimento stesso, con la tolleranza prevista.

La roccia dovrà essere sostanzialmente uniforme e compatta e non dovrà contenere parti alterate.

I cubetti potranno essere forniti: sfusi, in casse, in sacchi;

### ***Piastrelle a spacco regolari***

La superficie dovrà essere naturale di cava, le coste a spacco, lo spessore potrà variare da 2 a 5 cm. Maggiori o minori spessori potranno essere richiesti dalla Direzione Lavori per impieghi particolari. Le piastrelle a spacco dovranno avere lati paralleli ed angoli retti.

E' consentita una tolleranza in più o in meno nelle dimensioni, di non più di 1 cm.

Le coste dovranno essere ortogonali al piano o in leggera sottosquadra.

Le larghezze di norma saranno comprese tra 20 e 40 cm.

Le lunghezze sono "a correre" in dimensione uguale o maggiore delle rispettive larghezze.

Potranno essere richieste piastrelle quadrate, piastrelle con dimensioni maggiori o a misure fisse.

Il peso di 1 m2 sarà compreso tra i 90/100 kg.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### ***Piastrelle fresate***

La superficie dovrà essere naturale di cava, lo spessore potrà variare da 2 a 5 cm. Le coste saranno fresate. Spessori diversi potranno essere richiesti dalla D.L. per impieghi particolari.

Le piastrelle a coste fresate dovranno avere lati paralleli ed angoli retti. Le coste dovranno essere ortogonali al piano.

Le larghezze di normale lavorazione sono da cm 20 a cm 50.

Le lunghezze sono “a correre” in dimensione uguale o maggiore delle rispettive larghezze. Potranno essere richieste piastrelle quadrate, piastrelle con dimensioni maggiori o a misure fisse.

Il peso di 1 m<sup>2</sup> sarà compreso tra i 90/100 kg.

### ***Binderi***

Per contenimento e delimitazione delle pavimentazioni.

La faccia superiore dovrà essere a piano naturale di cava.

Le coste, a spacco, dovranno essere ortogonali al piano o a sottosquadra. Le dimensioni sono:

- a) larghezza cm 10 - lunghezza cm 20/30 - spessore cm 6/10 - peso kg 22 circa per ml;
- b) larghezza cm 12 - lunghezza cm 20/30 - spessore cm 10/15 - peso kg 32 circa per ml.

### ***Binderi giganti***

Per formazione di marciapiedi e aiuole o delimitazioni.

La faccia superiore dovrà essere a piano naturale di cava.

Le coste, a spacco, dovranno essere ortogonali al piano o a sottosquadra. Le dimensioni sono:

- a) larghezza cm 12 - lunghezza cm 20/40 - spessore cm 15/20 - peso kg 45 circa per ml;
- b) larghezza cm 14 - lunghezza cm 20/40 - spessore cm 15/20 - peso kg 55 circa per ml.

### ***Cordoni a spacco***

Dovranno avere le due facce, quella interna nascosta e quella esterna in vista, a piano naturale di cava ed il lato superiore (testa) a spacco di cava.

Il lato superiore, inoltre, potrà essere scalpellato, bocciardato o fiammato.

L'altezza degli elementi potrà variare da 20 a 30 cm, la lunghezza dovrà avere un minimo di 40 cm.

Le larghezze di normale lavorazione potranno variare come qui di seguito indicato:

- cm 5 x 20/30 peso per ml kg 25
- cm 7 x 20/30 peso per ml kg 40
- cm 8 x 20/30 peso per ml kg 45
- cm 10 x 20/30 peso per ml kg 65
- cm 12 x 20/30 peso per ml kg 85
- cm 15 x 20/30 peso per ml kg 110

### ***Cordoni segati***

Dovranno avere le due facce, quella interna nascosta e quella esterna in vista, a piano naturale di cava ed il lato superiore (testa) fresato.

Il lato superiore, inoltre, potrà essere scalpellato, bocciardato o fiammato.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

L'altezza degli elementi potrà variare da 20 a 30 cm, la lunghezza dovrà avere un minimo di 40 cm.

Le larghezze di normale lavorazione potranno variare come qui di seguito indicato:

- cm 5 x 20/25 peso per ml kg 25
- cm 7 x 20/25 peso per ml kg 40
- cm 8 x 20/25 peso per ml kg 45
- cm 10 x 20/25 peso per ml kg 65
- cm 12 x 20/25 peso per ml kg 85
- cm 15 x 20/25 peso per ml kg 110

#### ***Gradini massicci***

Dovranno essere a piano superiore naturale di cava; la costa vista spessorata da cm 6 a cm 20. Le testate e la costa interna dovranno essere a spacco o segate. La lunghezza in misura fissa o "a correre", la larghezza a richiesta (cm 42).

Le coste viste potranno essere lavorate a spacco, a punta grossa o fine, bocciardate o fiammate.

#### **44.6. LEGNAMI**

Per la nomenclatura delle specie, si farà riferimento alle norme UNI 2853, 2854 e 3917; per le dimensioni degli assortimenti alla UNI 3517, per i difetti alla UNI 3016; per la misurazione e cubatura alla UNI 3518.

I legnami di qualsiasi essenza risponderanno alle prescrizioni di cui al R.D. 10.10.1912 e ss. mm. e successive modifiche e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

#### **44.7. MATERIALI FERROSI**

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili.

In particolare per gli acciai per opere in cemento armato, cemento armato precompresso e per carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dal D.M. 9/1/1996.

Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dalla Normativa vigente in materia, dalle norme U.N.I., e presentare inoltre, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti:

- **Ferro** - Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte e senza altre soluzioni di continuità.
- **Acciaio dolce laminato** - L'acciaio extradolce laminato (comunemente chiamato ferro omogeneo) dovrà essere eminentemente dolce e malleabile, perfettamente lavorabile a freddo ed a caldo, senza presentare screpolature od alterazioni; dovrà

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

essere saldabile e non suscettibile di prendere la tempra. Alla rottura dovrà presentare struttura finemente granulare.

- **Acciaio per cemento armato** - L'acciaio impiegato nelle strutture in conglomerato cementizio armato dovrà rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni* e al D.M. 9 gennaio 1996, nonché alle prescrizioni di cui agli allegati della circolari applicative. Il Direttore dei lavori, a suo insindacabile giudizio, effettuerà i controlli in cantiere, secondo la normativa vigente.
- **Acciaio per strutture metalliche** - L'acciaio impiegato nelle strutture metalliche dovrà rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 9 gennaio 1996 punto 2 per acciaio laminato, per acciaio per getti, per acciaio per strutture saldate; gli elettrodi per saldature dovranno rispondere alle prescrizioni ivi contenute e così i bulloni e i chiodi; la fornitura dovrà essere accompagnata dalla certificazione di cui al D.M. 9 gennaio 1996. Il Direttore dei lavori, qualora lo ritenga opportuno, ed a suo insindacabile giudizio, potrà effettuare controlli, a norma del suddetto Allegato 8, anche su prodotti qualificati.
- **L'acciaio resistente alla corrosione atmosferica**, di tipo CORTEN e simili, dovrà corrispondere alle caratteristiche meccaniche previste per il tipo Fe510 dalle vigenti norme tecniche ed inoltre essere idoneo all'impiego alla temperatura di -15° C° senza pericolo di rottura fragile. Pertanto il materiale deve avere una resistenza secondo UNI 4713 non inferiore 3,5 Kg/cm<sup>2</sup> misurata a tale temperatura. Tale tipo di acciaio dovrà essere calmato e la sua analisi chimica dovrà essere tale da determinare nei confronti della corrosione una forte resistenza che gli consenta di essere impiegato allo stato nudo senza la necessità di prevedere un rivestimento protettivo. I bulloni impiegati nelle giunzioni di manufatti in Corten dovranno essere di questo stesso materiale.
- **Ghisa** - La ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di fattura grigia, finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomare la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. E' assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose.

La D.L., a suo insindacabile giudizio, effettuerà i controlli in cantiere in base alla suddette disposizioni di legge.

#### **44.8. SEGNALI STRADALI**

La segnaletica orizzontale e verticale sarà realizzata conformemente e nel rispetto delle disposizioni tecnico-normative del Nuovo Codice della Strada (D.Lgs. n. 285/1992 del 30 Aprile 1992) e del relativo Regolamento di Attuazione (D.P.R.n.495/1992 del 16 Dicembre 1992) e s.m. e i. e ulteriori norme di riferimento (Norme UNI EN 1436)

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare campioni rappresentativi per la relativa accettazione preliminare.

E) GHIAIA, PIETRISCO E SABBIA (AGGREGATI LAPIDEI – INERTI)

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Le ghiaie, i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei calcestruzzi, ai sensi D.M. 9 gennaio 1996 – Allegato 1, dovranno essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose e di gesso, in proporzioni nocive all'indurimento del conglomerato od alla conservazione delle armature.

Le dimensioni della ghiaia o del pietrisco devono avere dimensioni massime commisurate alle caratteristiche geometriche dell'opera da eseguire, dal copriferro e dall'interferro delle armature.

La sabbia da impiegarsi nelle murature o nei calcestruzzi dovrà essere assolutamente scevra da materie terrose ed organiche e ben lavata e 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.

L'Impresa dovrà garantire la regolarità delle caratteristiche della granulometria per ogni getto sulla scorta delle indicazioni riportate sugli elaborati progettuali o dagli ordinativi della Direzione lavori.

I pietrischi, i pietrischetti, le graniglie, le sabbie e gli additivi da impiegarsi per le costruzioni stradali dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui alle norme tecniche del C.N.R., fascicolo n. 4/1953.

Si definisce:

- **pietrisco**: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli, passante al crivello 71 U.N.I. 2334 e trattenuto dal crivello 25 U.N.I. 2334;
- **pietrischetto**: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli o di ghiaie, passante al crivello 25 U.N.I. 2334 e trattenuto dal crivello 10 U.N.I. 2334;
- **graniglia**: materiale litoide ad elementi approssimativamente poliedrici con spigoli vivi, ottenuto per frantumazione di pietrame o di ciottoli o di ghiaie, passante al crivello 10 U.N.I. 2334 e trattenuto dal setaccio 2 U.N.I. 2332;
- **sabbia**: materiale litoide fine, di formazione naturale od ottenuto per frantumazione di pietrame o di ghiaie, passante al setaccio 2 U.N.I. 2332 e trattenuto dal setaccio 0,075 U.N.I. 2332;
- **additivo (filler)**: materiale pulverulento passante al setaccio 0,075 U.N.I. 2332.

Per la caratterizzazione del materiale rispetto all'impiego valgono i criteri di massima riportati all'art. 7 delle norme tecniche del C.N.R., fascicolo n. 4/1953. I metodi da seguire per il prelevamento di aggregati, per ottenere dei campioni rappresentativi del materiale in esame occorre fare riferimento alle norme tecniche del C.N.R. – B.U. n. 93/82.

Gli aggregati lapidei impiegati nelle sovrastrutture stradali dovranno essere costituiti da elementi sani, tenaci, non gelivi, privi di elementi alterati, essere puliti, praticamente esenti da materie eterogenee e soddisfare i requisiti riportati nelle norme tecniche C.N.R. – B.U. n. 139/92.

Devono essere costituiti da materiale frantumato spigoloso e poliedrico. Per l'additivo (filler) che deve essere costituito da polvere proveniente da rocce calcaree di frantumazione, all'occorrenza si può usare anche cemento portland e calce idrata con l'esclusione di qualsiasi altro tipo di polvere minerale.

F) MATTONI

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

I mattoni dovranno essere ben formati con facce regolari, a spigoli vivi, di grana fina, compatta ed omogenea; presentare tutti i caratteri di una perfetta cottura, cioè essere duri, sonori alla percussione e non vetrificati; essere esenti da calcinelli e scevri da ogni difetto che possa nuocere alla buona riuscita delle murature; aderire fortemente alle malte; essere resistenti alla cristallizzazione dei solfati alcalini; non contenere solfati solubili od ossidi alcalino-terrosi, ed infine non essere eccessivamente assorbenti.

I laterizi da impiegarsi nelle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche dovranno rispondere alle caratteristiche di cui all'allegato 7 del D.M. 9 gennaio 1996.

Per individuare le caratteristiche di resistenza degli elementi artificiali pieni e semipieni si farà riferimento al D.M. Min. LL.PP. 20 novembre 1987.

#### **Articolo 45**

### **PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI**

Tutti i lavori, definitivi e provvisori, saranno eseguiti secondo le migliori regole dell'arte e secondo le prescrizioni che in corso di esecuzione verranno impartite dalla Direzione dei Lavori, rimanendo stabilito che l'Impresa attuerà, a sua cura e spese, tutti i provvedimenti necessari per prevenire danni sia alle persone, sia alle cose, intendendosi pertanto, che l'Amministrazione appaltante resterà sollevata ed indenne da qualsiasi responsabilità verso terzi e da qualunque molestia giudiziaria che dovesse derivare dall'esecuzione dei lavori.

In particolare l'Impresa dovrà adottare tutte le cautele ed i mezzi d'opera atti a prevenire danni che potessero verificarsi ai fabbricati, servizi e beni circostanti, in dipendenza dell'esecuzione dei lavori ed accertare eventualmente in contraddittorio con i proprietari od enti interessati, la consistenza dei fabbricati, beni o servizi, rimanendo fin d'ora pattuito che l'Impresa ed essa sola è responsabile degli eventuali danni ad essi arrecati e come tale è tenuta al loro risarcimento.

In genere l'Appaltatore avrà la facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale.

L'Amministrazione Comunale si riserva il diritto insindacabile di stabilire l'esecuzione di un determinato lavoro entro un congruo termine di tempo o di disporre l'ordine di esecuzione dei lavori nel modo che crederà più conveniente, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

Per tutte quelle categorie di lavoro per le quali non si trovino nel presente Capitolato prescritte speciali norme, l'Appaltatore dovrà seguire i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica, attenendosi agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione dei Lavori.



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## **Articolo 46**

### **SCAVI E DEMOLIZIONI**

Gli scavi, comunque occorrenti, saranno eseguiti secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che potrà dare la D.L. in sede esecutiva. Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà dell'Amministrazione: la D.L. ne disporrà il riutilizzo se ritenuti idonei, oppure l'allontanamento a pubblica discarica o ai magazzini comunali.

#### **46.1. SCAVI DI SBANCAMENTO**

Per scavi di sbancamento si intendono quelli necessari all'apertura della sede stradale, piazzali etc. e comunque quelli occorrenti per l'impianto di opere d'arte se ricadenti al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti eseguiti ed aperti almeno da un lato.

Detti scavi dovranno essere dall'Impresa convenientemente armati con sbadacchiature od anche, se la natura del terreno lo richiede, con casseri a tenuta.

Degli eventuali franamenti di scarpate, dovuti a deficiente armatura dei cavi od altra causa qualsiasi, non sarà tenuto conto agli effetti contabili.

Il volume degli scavi verrà determinato con il metodo delle sezioni raggugliate.

#### **46.2. SCAVI DI FONDAZIONE**

Per scavi di fondazione si intendono quelli ricadenti al di sotto del piano orizzontale di cui al precedente punto, chiusi tra pareti verticali (o meno) e riproducenti il perimetro delle fondazioni.

Dovranno essere spinti alla profondità ritenuta necessaria dalla D.L. e/o indicata negli elaborati progettuali.

Sono da considerarsi scavi di fondazione anche quelli eseguiti per dar luogo a fogne, condotti, fossi e cunette, per la parte che ricade sotto il piano di splateamento.

La cubicità degli sterri sarà desunta dal cavo effettuato secondo i disegni di progetto e gli ordini ricevuti, senza tener conto dell'aumento di volume delle materie escavate, né del volume che provenisse da smottamenti e frane dovute a qualsiasi causa, essendo stato tale onere considerato nello stabilire il prezzo degli sterri di che all'unito elenco.

Per la misurazione degli sterri, come di tutte le altre opere, si adotteranno metodi esclusivamente geometrici.

I rinterri dovranno essere pestonati a strati di altezza non superiore ai cm. 30, in modo da evitare qualsiasi cedimento e dovranno essere sagomati nella superficie superiore

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

secondo i piani che verranno dati dalla Direzione dei Lavori. Sono considerati come scavi subacquei soltanto quelli eseguiti al disotto di 20 cm. dal livello a cui si stabiliscono le acque filtranti.

### **46.3. DEMOLIZIONI**

Le demolizioni si eseguiranno in modo da non danneggiare le eventuali rimanenti parti delle opere da conservare, rimanendo a carico dell'Appaltatore il ripristino delle parti indebitamente demolite o danneggiate.

I materiali inutilizzabili di risulta verranno portati al pubblico scarico a cura e spese dell'Impresa stessa.

I materiali idonei resteranno di proprietà dell'Amministrazione e potranno essere reimpiegati: competerà all'Appaltatore l'onere di trasporto e accatastamento nei depositi indicati dalla D.L.

L'Impresa rimane responsabile delle rotture e dei guasti, che per negligenza o malanimo si verificassero nei materiali stessi, pertanto, prima di iniziare i lavori dovrà essere accertato lo stato ed il sistema costruttivo delle opere da demolire.

Se non diversamente disposto, l'Appaltatore disporrà la tecnica più idonea, il tipo e la quantità di opere provvisoriale, il tipo dei macchinari, la quantità di personale. L'Amministrazione, la D.L. ed il personale preposto alla sorveglianza resteranno esclusi da responsabilità connesse all'esecuzione dei lavori cui trattasi.

## **Articolo 47** **MURATURE**

Tutte le murature dovranno essere eseguite secondo i disegni di progetto; nella realizzazione dovrà essere curata la perfetta esecuzione di spigoli, di voltine, piattabande, archi e saranno lasciati tutti i necessari incavi in modo da non scalpellare i muri già costruiti.

I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo, non dovranno essere eseguiti in quei periodi nei quali la temperatura si mantenga per molte ore sottozero.

### **47.1. MURATURA A SECCO**

Sarà eseguita con pietre ridotte con martello alla forma più regolare possibile, escludendo le pietre di forma rotonda. Per paramento si sceglierà quelle di maggiori dimensioni e l'assenza di malta sarà supplita dal combaciamento fra i singoli pezzi.

### **47.2. MURATURA DI PIETRAMA CON MALTA**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Sarà eseguita con scapoli di pietrame di grossa pezzatura allettati con malta cementizia a 300 Kg. di cemento.

Prima di essere collocate in opera, le pietre saranno ripulite e bagnate. Le facce viste delle murature non destinate ad essere intonacate o rivestite, saranno rabboccate con malta cementizia a 400 Kg. di cemento.

#### **47.3. MURATURA IN MATTONI**

Sarà eseguita con materiali rispondenti alle "Norme per l'accettazione dei materiali laterizi" (R.D. 16.11.1939 n° 2233); i laterizi, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati sino a saturazione per immersione prolungata e non per aspersione.

Se non diversamente disposto, la muratura verrà eseguita con mattoni pieni UNI 5628-65, di ottima scelta, perfettamente spigolati e ben premuti sullo strato di malta.

#### **47.4. PARAMENTI DELLE MURATURE**

Le murature non soggette a rivestimento potranno venir richieste con la lavorazione dei paramenti secondo i tipi indicati in Elenco Prezzi o secondo le disposizioni della D.L. Resta stabilito che l'Appaltatore, prima di iniziare le murature e i relativi paramenti, dovrà apprestare a sua cura e spese, le campionature che saranno sottoposte all'approvazione della D.L.

### **Articolo 48** **CALCESTRUZZI E CONGLOMERATI**

Le caratteristiche dei materiali necessari al confezionamento risponderanno, per vari tipi di impasto, alle prescrizioni del presente Capitolato e alle voci dell'Elenco Prezzi.

#### **48.1. CALCESTRUZZO DI MALTA ORDINARIO O CICLOPICO**

Il calcestruzzo ordinario sarà confezionato preparando separatamente i due componenti (un terzo di malta idraulica o bastarda e due terzi di ghiaia o pietrisco), procedendo successivamente al mescolamento.

Analogamente si procederà per il calcestruzzo ciclopico, utilizzando però pietrame di pezzatura assortita, ripulito, lavato e con resistenza alla compressione non inferiore a 900 Kg./cmq.. Il pietrame verrà annegato in opera nel calcestruzzo, avendo cura che disti non meno di 5 cm. dalle superfici esterne della struttura.

#### **48.2. CONGLOMERATI CEMENTIZI**

I conglomerati da usarsi in opera di qualsiasi natura, (sia in fondazione che in elevazione), saranno confezionati secondo il D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni* e al D.M. 9 gennaio 1996

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

L'impasto del conglomerato sarà effettuato con impianti di betonaggio tali da garantire il controllo di quantità dei componenti.

Il quantitativo d'acqua dell'impasto dovrà essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità.

Il prelievo dei campioni per il "controllo di accettazione" e la preparazione e la stagionatura dei provini saranno effettuati con le modalità previste dalla normativa vigente o dalle norme tecniche di riferimento (NORME UNI 6127/73 e 6130/72).

Se l'impasto sarà confezionato fuori opera, il trasporto del conglomerato dovrà essere effettuato con mezzi che impediscano la separazione dei singoli elementi; il tempo trascorso tra l'inizio dell'impasto ed il termine dello scarico non dovrà causare un aumento di consistenza superiore ai 5 cm. alla prova del cono.

Il calcestruzzo per fondazione di manufatti o platee, verrà disteso sul fondo del cavo a strati non maggiori di cm. 20 regolarmente distribuiti con la pala e battuto per strato con idonei pilli di legno.

Se il calcestruzzo deve esser gettato in un cavo con la presenza di acqua, per la formazione di fogne e manufatti, il piano di fondazione dovrà essere mantenuto costantemente all'asciutto.

I calcestruzzi in gettata esposti all'aria e specialmente quelli delle volte di fognatura e manufatti, dovranno essere riparati dal sole mediante idonea copertura mantenuta costantemente bagnata fino a sufficiente indurimento del calcestruzzo ed almeno fino dopo il disarmo.

Similmente i calcestruzzi, come le murature, dovranno con opportuni ripari essere difesi dall'acqua e da eventuali geli.

La cubicità del calcestruzzo impiegato, sarà desunta e valutata esclusivamente dai disegni di esecuzione in precedenza consegnati all'accollatario e quindi, non sarà tenuto alcun conto della maggiore quantità di calcestruzzo che potesse occorrere, sia per colmare vani che si fossero prodotti per qualsiasi causa nelle pareti del cavo, sia per qualunque altro motivo, nessuno escluso ed eccettuato: in quanto nello stabilire il prezzo del calcestruzzo è stato tenuto debito conto degli oneri suddetti.

Qualora la resistenza cubica alla compressione di un calcestruzzo di  $R'_{ck}$  = prescritta, risultasse inferiore al valore corrispondente, sarà applicato il Prezzo d'Elenco per titolo di calcestruzzo di  $R'_{ck}$  corrispondente ed il prezzo sarà ridotto del 15% (L. 15 per ogni cento lire) a titolo di penale e ciò sempre che la Direzione dei Lavori, a suo giudizio insindacabile, non ritenga di disporre per la demolizione e ricostruzione del getto.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## **Articolo 49**

### **FORNITURA E POSA IN OPERA DI TUBAZIONI**

#### **49.1. GENERALITÀ**

La posa in opera di fognature e qualsiasi tipo di tubazione dovrà essere preceduta dallo studio esecutivo particolareggiato delle opere da eseguire, qualora non risultino dal progetto specifiche indicazioni.

Gli scavi per la posa in opera, dovranno essere costituiti da livellette raccordate da curve e, laddove la natura dei terreni lo rendesse opportuno, occorrerà preparare il piano di posa con un letto di sabbia; qualora fosse più indicata la realizzazione di un massetto, lo stesso sarà realizzato con un conglomerato cementizio magro.

Lo scarico dei tubi, di qualunque materiale, dai mezzi di trasporto, sarà da effettuarsi prendendo tutte le precauzioni necessarie ad evitare danni sia ai tubi che ai rivestimenti: prima di essere messi a posto, i singoli elementi saranno accuratamente puliti.

I tubi verranno calati nelle trincee, con mezzi idonei a preservarne l'integrità e le giunzioni saranno eseguite con la migliore tecnica relativa a ciascun tipo di materiale.

L'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire le prove di tenuta dei tronchi di tubazione provvedendo, a sue spese, a tutto quanto sarà necessario all'esecuzione delle prove stesse.

Le pressioni di prova saranno stabilite in funzione del tipo e dell'uso delle tubazioni eseguite.

#### **49.2. MISURE DEI MATERIALI**

La valutazione delle tubazioni avverrà in genere in base alla loro massa o in base alla loro lunghezza secondo le disposizioni in Elenco Prezzi.

La valutazione delle tubazioni in genere sarà fatta a metro lineare, misurando la lunghezza sull'asse delle tubazioni senza tener conto delle parti destinate a compenetrarsi.

I pezzi speciali saranno valutati ragguagliandoli all'elemento ordinario di tubazione di pari diametro:

- |  |          |
|--|----------|
| - curve semplici a 45 gradi con diametro minore 20 cm.   | ml. 1,00 |
| - curve semplici a 45 gradi con diametro maggiore 20 cm. | ml. 1,50 |
| - curve a squadra 90 gradi con diametro minore 20 cm.    | ml. 1,00 |
| - curve a squadra 90 gradi con diametro maggiore 20 cm.  | ml. 1,50 |
| - riduzioni  | ml. 1,00 |
| - ispezione con tappo e serratappo                       | ml. 1,50 |

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

- giunti semplici	ml. 1,50
- giunti a squadra	ml. 1,25
- sifone verticale	ml. 4,00
- sifone orizzontale	ml. 5,00

Analogamente si procederà per le tubazioni in materie plastiche (P.V.C. UNI 7447/75, polietilene etc.) valutando come segue i pezzi speciali:

- curve aperte o chiuse con diametro minore 20 cm.	ml. 1,00
- curve aperte o chiuse con diametro maggiore 20 cm.	ml. 1,25
- braghe semplici e T semplici	ml. 1,25
- braghe doppie e T doppi con diametro minore 20 cm.	ml. 1,25
- braghe doppie e T doppi con diametro maggiore 20 cm.	ml. 1,75
- braghe a Y con diametro minore 20 cm.	ml. 1,75
- braghe a Y con diametro maggiore 20 cm.	ml. 2,25
- tappi	ml. 1,25

I materiali valutabili a peso dovranno essere accompagnati da note - peso controllabili con bascule dei cantieri o alla pesa pubblica.

### **49.3. POSA IN OPERA DI FOGNATURE IN ELEMENTI PREFABBRICATI**

#### **49.3.1. FOGNE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO DEL TIPO NORMALE**

In linea generale per la posa in opera delle normali fognature prefabbricate in calcestruzzo, sia a sezione ovoidale che circolare ed in elementi lunghi metri 1,00 (uno), si dovranno osservare le seguenti disposizioni:

a) - lo scavo deve avere una larghezza pari a quella massima esterna della fogna, misurata al giunto a semi incastro oppure a bicchiere secondo il caso, aumentata di mt. 0,12 minimo per parte. Sono comunque salve particolari disposizioni che la Direzione Lavori potrà impartire, per scritto, in relazione alla natura del terreno;

b) - la profondità dello scavo deve essere spinta fino a mt. 0,15 al disotto della base di appoggio della fogna per poter creare la sede della normale platea di appoggio e quando non sussistono particolari tipi di platea che saranno allora indicati dai disegni di progetto o prescritti in corso d'opera dalla Direzione Lavori;

c) - la platea di appoggio della fogna, dovrà rispettare l'esatta pendenza assegnata alla fogna e dovrà avere uno spessore minimo di cm. 15 ed il fondo scavo, dove sarà eseguito il getto, dovrà essere quindi regolarizzato al massimo. Il getto della platea, richiamandosi all'art. 6 delle presenti norme tecniche, sarà eseguito, se trattasi di "normale platea" come sopra indicato (voce b), con cls. classe R'ck = 200. Sono salve eventuali particolari prescrizioni di progetto o di Direzione Lavori;

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

d) - i giunti dei vari elementi di fogna, sia del tipo a semi incastro o a bicchiere, saranno ristuccati con malta di cemento tit. 325 dosata con q.li 4,00 (quattro) di cemento per mc. 1,00 (uno) di sabbia lavata di fiume. La stuccatura, dovrà essere eseguita con la massima cura, sia all'esterno che all'interno del giunto e quindi, per le fogne di sezione piccola non ispezionabile, la stuccatura interna (fino a che la sezione lo consentirà), dovrà essere effettuata progressivamente alla posa in opera di ogni singolo elemento lungo mt. 1,00 o mt. 2,00 secondo i tipi di fogna. La stuccatura dovrà, unitamente al successivo rinfiacco, garantire la tenuta dei giunti sia all'uscita che all'entrata di liquami o acque, il tutto in osservanza delle prescrizioni del D.Lgs. 152/2006, della Legge n° 319 del 1976 e ss. mm. per l'anti inquinamento e successive sue integrazioni e modifiche;

e) - gli elementi delle fogne dovranno essere forniti dal produttore con certificato di garanzia circa i collaudi subiti in stabilimento ed inclusi quelli che assicurino la perfetta impermeabilità delle pareti dell'elemento di fogna medesimo;

f) - una volta posta in opera sulla sua platea e ristuccatura nei giunti, la fognatura dovrà essere rinfiaccata con getto di calcestruzzo di cemento dosato come già indicato alla precedente voce (c) per la platea, ma salve sempre eventuali particolari prescrizioni di progetto e di Direzione Lavori. L'altezza del rinfiacco dovrà rispettare le indicazioni riportate nel relativo titolo di lavoro, di "provvista e posa di fogna", trascritto nell'Elenco Prezzi del presente Capitolato. In difetto di detta indicazione il rinfiacco dovrà essere spinto fino ad ottenere la completa estradossatura del cervello della fogna per uno spessore non inferiore a cm. 10. Lo spessore del rinfiacco sarà dato dalle misure di scavo già indicate alle voci (a) e (b), il cui dimensionamento ha appunto lo scopo di realizzare la sede del rinfiacco stesso. In difetto si procederà alle opportune detrazioni dal titolo di lavoro di "provvista e posa di fogna" secondo i prezzi dei normali getti di calcestruzzo riportati dall'Elenco Prezzi;

g) - il riempimento dello scavo e ricopertura della fogna verrà effettuato con misti naturali di cava o di fiume che dovranno essere compattati a regola d'arte in modo che non si debbano verificare cedimenti e/o avvallamenti delle soprastanti sovrastrutture stradali e delle pavimentazioni. Solo la Direzione Lavori potrà autorizzare, per scritto e previo adeguati accertamenti, l'utilizzo parziale e/o totale delle terre di risulta dagli scavi, sia della stessa fogna, che di altre opere di cantiere o di provenienza esterna. Di dette terre, peraltro, ne dovrà essere contabilizzata la sola posa in opera, qualora non si tratti di terre provenienti da "cava di prestito" aperte a cura dell'Impresa ed autorizzate e/o approvate e controllate dalla Direzione Lavori e per il cui pagamento si adatteranno gli eventuali Prezzi di Elenco o, se mancanti, si darà corso ad appositi concordati Nuovi Prezzi;

h) - in corrispondenza dei pozzettoni di ispezione gli elementi della fogna prefabbricata dovranno essere attestati fino al "filo del paramento interno" del pozzettone ed adeguatamente ristuccati come in voce (d). La muratura in mattoni pieni, oppure il getto in calcestruzzo di cemento del pozzettone, verranno contabilizzati detrando il volume

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

occupato dalla fogna. La detrazione è esclusa solo per fogne di sezione pari o inferiore a mq. 0,0314 (tubo cm. 20).

#### **49.3.2. FOGNE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO DEL TIPO A BICCHIERE A GIUNTO ELASTICO**

Per le fogne prefabbricate, in elementi di sezione ovoidale e/o circolare della lunghezza di mt. 2,00 (due) realizzate con calcestruzzo, turbovicompresso ad alta resistenza, armato o non armato a richiesta, con giunti a bicchiere con anello elastomerico a tenuta in gomma speciale EPOM di sezione "goccia"; con base di appoggio continua per tutta la lunghezza dell'elemento dall'inizio della bocca del bicchiere fino al termine opposto dell'elemento stesso; (fogne tipo ILCEV, DIN.4032 o similari), si osserveranno le seguenti prescrizioni:

a) - ogni fornitura di elementi di fogna dovrà essere corredata di relativa relazione tecnico-statica particolareggiata, nonché di dichiarazione di corrispondenza della fogna al D.Lgs. 152/2006 ed alla Legge n° 319 del 1976 e ss.mm. anti inquinamento, a quale prescrive che le pareti dell'elemento siano impermeabili sia alle acque esterne che ai liquami interni, nonché il grado di impermeabilità e tenuta dei giunti elastici. Garanzia, inoltre, della linearità del piano di scorrimento dei liquami;

b) - in casi normali e generali, quando i carichi fissi e accidentali lo consentono, il rinfianco potrà essere effettuato anche con sola sabbia asciutta. Per quanto riguarda l'ampiezza dello scavo di sede della fogna, nonché gli spessori minimi per platea e rinfianco, si dovranno osservare le stesse modalità indicate per le normali fogne prefabbricate indicate al precedente paragrafo 1) lettere a), b), c), f). La fogna sarà totalmente estradossata al suo cervello per uno spessore di cm. 10 (dieci) minimo, a meno che il titolo del prezzo disponga diversamente. Il tipo di rinfianco, sabbia o calcestruzzo, sarà indicato dal Prezzo di Elenco;

c) - nei casi indicati dal progetto od in caso di disposizioni emanate in corso d'opera dalla Direzione dei Lavori, al fine di assicurare una maggiore stabilità alla fognatura, questa potrà essere realizzata con platea armata a forma di "sella", che sarà gettata in opera entro lo scavo a tratti di lunghezza non maggiore di ml. 4,00, con interposizione, fra un tratto e l'altro, di un giunto in polistirolo. Le misure della "sella" nelle parti che formano la platea e le "ali" della sezione ad "U", nonché l'inclinazione di queste ultime risulteranno dai disegni esecutivi di progetto o saranno contenute nell'ordine scritto della D.L. e ciò con lo scopo di ottenere il migliore adattamento della struttura alle condizioni di impiego.

La posa in opera degli elementi prefabbricati della fogna dovrà avvenire in modo che i giunti della platea risultino sfalsati rispetto a quelli della posa in opera degli elementi fognatura.

L'armatura in acciaio della "sella" sarà eseguita con acciaio dei tipi Fe B 44K o Fe B 38K ovvero sempre del tipo controllato in stabilimento e secondo i disegni esecutivi forniti.



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

L'incidenza dell'armatura per ogni metro lineare di platea non dovrà comunque essere inferiore a 13 Kg. ed essere eseguita con ferri di diametro mm. 8, almeno in n. di 14 longitudinali e 3 trasversali dei quali almeno 1 sagomato.

Prima della posa in opera della fognatura sarà interposto nella "sella" uno strato di sabbia asciutta di cm. 4-5 compresso e successivamente sarà completato il rinfiacco con sabbia dello spazio compreso fra la parete interna della "sella" e quella esterna della fognatura.

Gli spessori di rinfiacco ed estradossatura saranno eseguiti secondo i tipi previsti nei disegni esecutivi e secondo le modalità indicate nei paragrafi ed articoli precedenti.

#### **49.3.3. NORME COMUNI AI VARI TIPI DI FOGNE PREFABBRICATE IN CALCESTRUZZO**

Ogni elemento di fogna sarà calato nello scavo con gru, autogru, braccio escavatore.

L'imboccatura di ogni elemento di fogna, con il precedente già in opera, dovrà essere esclusivamente effettuata tassativamente per gli elementi con giunto a bicchiere ed anello elastomerico, mediante impiego di TIR-FOR manuale o idraulico a seconda delle necessità.

E' tassativamente vietato porre in opera, cioè eseguire i giunti fra i vari successivi elementi di fogna, esercitando pressione mediante le benne degli escavatori od altre macchine operatrici simili. Ciò al fine di evitare incrinature e/o rotture e/o sbeccature, sia dei giunti stessi che degli elementi di fogna, i quali dovranno giungere in cantiere ed essere scaricati a piè d'opera e/o in opera perfettamente integri in ogni loro parte.

Elementi difettosi o comunque danneggiati, anche durante il loro trasporto a piè d'opera, saranno rifiutati e l'Impresa dovrà provvedere alla loro immediata sostituzione prima della loro posa in opera e/o dello scarico a piè d'opera.

Elementi posti in opera non integri, dovranno essere tassativamente rimossi e sostituiti, qualunque sia lo stato di avanzamento nella costruzione della fognatura.

Non sono ammesse stuccature e/o ripristini e/o rabberci di qualunque tipo. Il tutto al fine di ottemperare alle norme di cui al D.Lgs. 152/2006 ed alla Legge n° 319 del 1976 e ss.mm.

Singoli elementi o tratti di fognatura che, sfuggiti ai controlli in corso d'opera, risultassero in fase di collaudo lesionate, incrinare o comunque difettose per non aver rispettato le prescrizioni di fornitura e di posa sopra dettate, saranno detratte dalla contabilità e l'Impresa si dichiara perfettamente edotta di detto provvedimento e non potrà avanzare riserve o altre pretese di pagamenti, indennità, compensi.

Quanto sopra sarà applicato anche in fase di controllo della Direzione Lavori nella stesura della contabilità finale, sia per l'emissione dell'ultimo stato di avanzamento lavori e/o dello Stato Finale per il collaudo. Eventuali vizi occulti di costruzione,

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

trasporto, posa in opera, che si manifestassero durante l'esercizio della fogna ed entro il periodo di prescrizione decennale di cui al vigente Codice Civile, faranno carico all'Impresa Appaltatrice dei lavori la quale dovrà, a sua cura e spese, provvedere ai necessari interventi, di qualsiasi entità essi si rivelino, incluso i ripristini delle sedi stradali alterate ed incluso l'onere delle nuove prove di tenuta della fogna e di cui all'art. 18, lettera m) delle Condizioni Generali del presente Capitolato.

#### **49.3.4. FOGNE PREFABBRICATE IN P.V.C. TUBAZIONI SEZIONE CIRCOLARE**

Per le fogne e/o tubazioni di sezione circolare in P.V.C. si rimanda ai relativi specifici titoli di lavoro riportati nell'Elenco Prezzi allegato al presente Capitolato.

Comunque i tipi delle tubazioni in P.V.C., qualunque sia il loro diametro, saranno i seguenti:

Serie 300 e Serie 301 Norme UNI 7443/75 con giunto a bicchiere per incollaggio.

Serie 303/1 e Serie 303/2 Norme UNI 7447/75 con giunto a bicchiere ed anello elastomerico a tenuta. Di dette serie potranno essere anche richiesti i tipi a giunto con bicchiere ad incollaggio.

Sempre secondo quanto sarà specificamente indicato dal rispettivo prezzo di Elenco, i predetti tubi potranno essere rinfiancati, platea ed estradossatura incluse, sia con calcestruzzo, sia con sola sabbia.

Comunque, la ricopertura totale del tubo, a partire dalla generatrice superiore non dovrà essere mai inferiore a mt. 1,00 (uno) come da Norme UNI 7447/75.

#### **Articolo 50** **PAVIMENTAZIONI IN MASSELLI DI PIETRA** **(LASTRICATI)**

Le pavimentazioni in argomento saranno costituite con masselli di granito o di porfido, o di sienite, o di pietra calcarea o vulcanica (basole) o pietra arenaria (macigno, o pietraforte etc.) secondo prescrizione, rispondenti ai requisiti di cui alle NORME UNI 2718.

In ogni caso la roccia impiegata per la formazione dei masselli dovrà essere sana, senza degradazioni o alterazioni, compatta, dura ed omogenea; dovrà essere ancora priva di druse o geodi, senza vene e catene di minerali differenziati ed infine senza piani di sfaldatura o di distacco (peli); in particolare sono da escludere tutti i materiali provenienti dallo strato di copertura (cappello).

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

La lavorazione dei masselli dovrà essere eseguita a punta mezzana (se non diversamente previsto) per tutta la faccia superiore ed a scalpello per le facce laterali; per le facce laterali sarà sufficiente una lavorazione a scalpello su una fascia (superiore) di almeno 8 cm., sbizzando semplicemente la parte rimanente.

I giunti dovranno formare con la faccia vista spigoli vivi, regolari ed a squadra.

Le facce laterali dovranno risultare a squadra per un'altezza non inferiore alla metà dello spessore del massello; nella parte inferiore potranno invece presentare sottosquadri di valore non superiore a 2,5 cm..

Nelle pavimentazioni a secco i masselli verranno posti in opera su un letto di sabbia di spessore compreso fra 8 e 10 cm. I masselli saranno stesi con la dovuta cura ed assestati con mazzaranghe di legno in modo che abbiano a disporsi secondo una superficie continua e regolare, con le precise sagome e quote stabilite.

Per favorire l'assestamento, la posa e la battitura saranno accompagnate da abbondanti bagnature del letto di sabbia.

Subito dopo la posa dei masselli ed allo scopo di colmare i vani rimasti in corrispondenza dei giunti, tutta la superficie verrà ricoperta da uno strato di sabbia vagliata che si dovrà fare scorrere e penetrare in tutti gli interstizi a mezzo di scope ed acqua, sino a completa chiusura.

Nel caso fosse prescritta la sigillatura dei giunti, questa dovrà essere eseguita, salvo disposizioni contrarie della Direzione Lavori, secondo quanto indicato negli articoli seguenti.

Nelle pavimentazioni con malta i masselli verranno sistemati su uno strato di malta di calce idraulica o di cemento, di conveniente spessore, posto sulla fondazione opportunamente preparata alla sagoma prescritta.

I masselli saranno battuti fino al rifluimento della malta nei giunti, risultando espressamente proibita l'aggiunta di malta. In ogni caso i masselli dovranno essere disposti in modo che, nei corsi rettilinei, gli spigoli maggiori risultino esattamente allineati e quelli minori sfalsati di corso in corso.

I masselli dovranno essere posti in opera perfettamente accostati gli uni agli altri, con giunti larghi non più di 1 cm.

Nel prezzo della pavimentazione è incluso l'onere relativo alla formazione di tutti i pezzi speciali che si rendessero necessari per l'adattamento a binari, chiusini, caditoie, orlature etc.

La lavorazione dei masselli dovrà essere eseguita con idonei paraschegge.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## **PAVIMENTAZIONE IN PIETRAFORTE ED IN PIETRA MACIGNO**

I materiali dovranno corrispondere alle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 16.10.1939 n. 2.232. In generale le pietre da impiegarsi dovranno essere omogenee, a grana compatta, non gelive, esenti da screpolature, venature, piani di sfaldatura, sostanze estranee, scaglie, cavità, etc. Saranno da escludere le pietre eccessivamente marnose, gessose ed in generale tutte quelle alterabili dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Le prove per l'accertamento dei requisiti chimico-fisici e meccanici saranno effettuate in conformità alle norme UNI EN 1341:2003 "lastre di pietra naturale per pavimentazioni esterne – requisiti e metodo di prova"

Prima di iniziare i lavori l'Appaltatore dovrà predisporre, a propria cura e spese, i campioni dei manufatti lavorati secondo prescrizione, sottoponendoli all'esame della D.L. Tali campioni se accettati, saranno contrassegnati e conservati come termine di riferimento e confronto, negli uffici della Direzione o in locali appositamente assegnati.

Le lavorazioni della faccia superiore dei conci di pietra usati per la pavimentazione dovranno essere eseguita a mano. Sono da escludere tassativamente le lavorazioni eseguite a macchina.

La pietra sarà murata a malta di cemento tit. 325 per un'altezza minima di cm 7, comprendente in tale altezza l'impiego di "calzatura", anch'essa in calcestruzzo di cemento tit. 325, con inerti fino alla pezzatura massima di mm. 10, a consistenza di terra umida.

I giunti tra pezzo e pezzo non saranno inferiori a mm.5 e sarà eseguito il perfetto riempimento dei giunti stessi mediante colatura di boiaccia di cemento con tazza evitando le sbavature sui pezzi e qualsiasi residuo di malta sulla pietra;

### **50.1 PIETRAFORTE ALBARESE**

Oltre ai requisiti di cui ai caratteri generali, la pietraforte albarese dovrà provenire dalle cave situate nel Comune di Sarsina che hanno fornito pietre adatte alle pavimentazioni stradali e sono state utilizzate nel precedente lotto di intervento.

Saranno rifiutati tutti quei pezzi che ad un attento esame non presentino omogeneità e compattezza e che siano scevri da intrusioni scisto argillose e da ghiaie, noccioli, smerigli, peli, marmi ed in generale da qualunque sostanza eterogenea e così pure la pietraforte che sia scavata dal fondo del filare.

La pietra deve avere la Marcatura CE conformemente alle disposizioni della Norma UNI EN 1341:2003 "lastre di pietra naturale per pavimentazioni esterne – requisiti e metodo di prova" con le seguenti caratteristiche fisico meccaniche:

Resistenza a flessione (UNI EN 12372:2007) non inferiore a MPa 18.2

Resistenza a flessione dopo gelività (UNI EN 12372:2001) non inferiore a MPa 19

Resistenza allo scivolamento/slittamento (UNI EN 1341:2003 appendice D) non inferiore a 66 (USRV)

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Resistenza all'abrasione (UNI EN 1341:2003) non superiore a mm. 22  
Assorbimento dell'acqua (UNI EN 13755:2002) non superiore a 1%

Nome petrografico CALCARENITE

Massa volumetrica (UNI EN 1936) apparente non inferiore a 2640Kg/m<sup>3</sup>

Resistenza alla compressione allo stato secco (UNI EN 1926:2007) non inferiore a MPa 152

Resistenza alla compressione dopo cicli di gelività (UNI EN 1926:2000 e UNI EN 12371 :2003) non inferiore a MPa 141

Resistenza all'invecchiamento accelerato tramite shock termico (UNI EN 14066:2004) variazione di massa del provino non inferiore a 16%

Resistenza alla cristallizzazione dei Sali (UNI EN 11370:2001) non inferiore a -0.1 (USRV) provini risultanti dall'ispezione visiva integri

## **50.2 PIETRA MACIGNO**

La pietra macigno è una pietra arenaria con le seguenti caratteristiche

Peso di volume	2.500 kg/mq
Coefficiente di imbibizione	max 0,01
Resistenza a compressione	900 kg/cmq
Coefficiente di abrasione	max 3,30 mm.

Il coefficiente d'usura è calcolato a seguito di una prova eseguita su un percorso di 500 metri.

Il coefficiente di imbibizione =  $\Delta$  aumento di peso / peso iniziale.

### **Articolo 51** **PAVIMENTAZIONI IN CUBETTI DI PIETRA**

Saranno formate con cubetti di porfido o di sienite o di diorite o di altre rocce idonee, purché rispondenti ai requisiti di cui alle NORME C.N.R. Fasc. V/1954.

Salvo diversa disposizione dell'Elenco Prezzi e fermo restando la possibilità di usare materiali di qualsiasi provenienza, della dovuta idoneità, la Direzione Lavori potrà richiedere che vengano impiegati cubetti di porfido della migliore qualità.

I cubetti saranno impiantati su una fondazione predisposta in precedenza, con l'interposizione di uno strato di sabbia, dello spessore tra 6 e 10 cm. Saranno posti in opera ad archi contrastanti con angolo al centro di 90 gradi, raccolti in corsi o filari paralleli, in modo che gli archi affiancati abbiano in comune gli elementi di imposta. La posa dei cubetti sarà effettuata nel modo più accurato, con giunti sfalsati di corso in corso ed archi perfettamente regolari o, comunque, secondo i disegni di progetto e le indicazioni della D.L.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Gli elementi disposti in maniera regolarmente decrescente dalla chiave verso le imposte, saranno il più possibile serrati tra di loro e, quindi, verranno sottoposti ad energica battitura, a più riprese, con pestelli metallici del peso di almeno 25 Kg.. Per favorire l'assestamento, la battitura dovrà essere accompagnata da abbondanti bagnature del letto di sabbia.

Prima dell'ultima battitura di assestamento, la pavimentazione verrà ricoperta con un sottile strato di sabbia fine che verrà fatta penetrare mediante scope ed acqua in tutte le connessure, in modo da chiuderle completamente.

L'ultima battitura dovrà essere fatta in modo da assestare definitivamente i cubetti, dopo aver corretto eventuali deficienze di sagoma.

I cubetti che a lavorazione ultimata apparissero deteriorati ed anormalmente porosi, dovranno essere cambiati a cura ed a carico dell'Impresa.

La sigillatura dei giunti dovrà essere eseguita secondo le indicazioni della D.L.. Salvo quanto diversamente disposto sarà eseguita non prima che siano passati 15 giorni dall'apertura della strada al traffico. Riparati, poi, gli eventuali cedimenti ed irregolarità verificatisi, si procederà al lavaggio della pavimentazione con acqua a pressione, in modo da svuotare e ripulire i giunti per 3 cm. e quindi, a pavimentazione asciutta, si procederà alla sigillatura dei giunti colando negli stessi, con tazze e beccuccio od altri mezzi idonei, bitume caldo avente penetrazione 30/40. Il legante verrà infine saturato con sabbia o graniglia.

La pavimentazione ultimata dovrà corrispondere esattamente alle quote ed alle livellette di progetto stabilite dalla Direzione Lavori e non presentare, in alcuna parte, irregolarità o depressioni superiori ad 1 cm. rispetto ad un'asta rettilinea della lunghezza di 3 m. appoggiata sul manto in senso longitudinale.

## **Articolo 52**

### **PALI DI FONDAZIONE**

Tipo, numero, diametro e lunghezza dei pali da mettere in opera, se non diversamente indicato, saranno stabiliti dalla D.L. sulla scorta dei dati progettuali e delle risultanze delle indagini geotecniche e geologiche che l'Appaltatore è tenuto ad eseguire a verifica delle previsioni progettuali.

La realizzazione di palificazione dovrà essere preceduta dall'esecuzione di pali di prova: il collaudo verrà effettuato con prove di carico spinte sino a 1,5 volte il carico di progetto e sino a 2,5 volte per opere interessanti le linee ferroviarie a cura e carico dell'Appaltatore e prima della realizzazione dell'opera che dovranno sopportare.

#### **52.1. PALI PREFABBRICATI**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

La D.L. accetterà il tipo e la lunghezza dei pali da adottare solo dopo l'infissione di uno o più pali di saggio, al fine di determinare la capacità portante; sarà opportuno che la posizione dei pali di saggio coincida con quella dei pali definitivi.

Il rifiuto si intenderà raggiunto quando l'affondamento, prodotto da una "VOLATA", non superi il limite stabilito a seguito dell'infissione dei pali saggio in relazione alla resistenza che il palo deve offrire.

Il palo può essere reciso solo dopo autorizzazione della D.L. che assisterà alla battuta delle ultime volate.

### **52.2. PALI SPECIALI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO COSTRUITI IN OPERA (PALI BATTUTI O PRESSATI TIPO SIMPLEX DUPLEX, FRANKI E SIMILI).**

La realizzazione del cavo destinato ad accogliere il calcestruzzo, avverrà con tubo forma munito di puntazza, che costringerà il terreno in sito a dislocarsi lateralmente senza alcuna asportazione del terreno stesso.

Per i pali di saggio valgono le considerazioni di cui al precedente punto A.

Ultimata l'infissione e realizzato il bulbo di base, si procederà al ritiro del tuboforma, con cautela, per evitare interruzioni nella continuità del calcestruzzo costituente il fusto del palo.

L'introduzione del calcestruzzo in tuboforma avverrà mediante benna munita di valvola automatica all'estremità inferiore, che dovrà essere aperta solo in prossimità della superficie raggiunta dal getto precedente.

L'armatura metallica potrà interessare, a seconda del progetto, tutta o in parte la lunghezza del palo.

### **52.3. PALI TRIVELLATI**

Il tuboforma potrà essere infisso mediante attrezzatura a rotazione o a percussione che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, salvo approvazione della D.L.. Per i pali di saggio vale quanto indicato al punto A.

Per i pali di grande diametro realizzati con l'impiego di fanghi bentonitici e senza l'uso del tuboforma, lo scavo dovrà essere eseguito con apposita attrezzatura a rotazione o roto-percussione a seconda della natura dei terreni.

Potrà essere richiesta all'Appaltatore la strumentazione di alcuni pali per l'esecuzione di controlli così detti "non distruttivi" (ultrasuoni etc.).

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### Articolo 53 COSTRUZIONI IN ACCIAIO

Le norme tecniche per il calcolo e l'esecuzione delle strutture in acciaio, dovranno rispettare quanto stabilito dalla Legge 05.11.1971 n° 1086 ss.mm., al D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni e relative circolari attuative.

Formeranno oggetto delle sopra citate norme le costruzioni in acciaio relative ad opera di ingegneria civile di cui alla citata Legge 1086 del 1971.

Nella progettazione si possono adottare i metodi di calcolo indicati nelle norme C.N.R.-10011 del 1980 e successivi aggiornamenti e/o integrazioni.

Le citate norme prevedono l'impiego di acciai denominati Fe 360 (già Fe 37); Fe 430 (già Fe 44), Fe 510 (già Fe 52) e nei GRADI B-C-D. Qualità e prove da accertare ed eseguire secondo UNI 551/69; UNI 552/64; UNI 556/ottobre '62; UNI 556/2^/giugno '79; UNI 4713/giugno '79; UNI 7070/72.

Per le lamiere grecate e per i profilati formati a freddo, possono adottarsi i metodi di calcolo CNR-UNI 10022/novembre '79.

Gli acciai destinati a strutture saldate dovranno avere composizione chimica contenuta entro i limiti raccomandati dalla UNI-5132/74.

Anche gli elettrodi dovranno corrispondere alla UNI-5132/74.

La temperatura minima alla quale l'acciaio di una struttura saldata può essere utilizzata, deve essere stimata sulla base della temperatura T, alla quale, per il detto acciaio, può essere garantita una resilienza KV di 27 J, secondo UNI 4713/giugno 1979.

Il tutto in mancanza di dati più precisi ed al fine di utilizzare l'acciaio senza pericolo di rottura fragile.

Per le saldature dovranno essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO<sub>2</sub> o sue miscele).

Altri procedimenti dovranno essere preventivamente verificati mediante prove. Gli elettrodi rivestiti per le saldature manuali ad arco dovranno essere, secondo gli acciai base, delle classi 2, 3, o 4 e del tipo E 44 per gli acciai Fe 360 e Fe 430; delle classi 3 o 4 tipo E 52 per gli acciai Fe 510, gli elettrodi dovranno essere omologati UNI 5132/74.

Sono ammesse le omologazioni RINA e ISPESL.



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Per spessori rispettivamente maggiori di 30 mm. (acciai Fe 360 e Fe 430) e maggiori di 20 mm. (acciai Fe 510) oppure, per temperatura di esercizio minore di 0 gradi C., saranno ammessi solo elettrodi di classe 4 B.

Per le saldature automatiche ad arco sommerso e automatiche o semiautomatiche sotto gas protettore, si dovranno impiegare i fili nudi, i flussi (o i gas) e la tecnica esecutiva che si usa per le prove preliminari di verifica di cui alla UNI 4713/giugno '79 per la resilienza.

La resistenza a trazione sui giunti testa a testa dovrà risultare non inferiore a quella del materiale base.

Per ogni ulteriore chiarimento dei dettagli esecutivi, di progetto prove etc., si rimanda ai Decreti Ministeriali che ogni biennio dettano ed aggiornano le "Norme tecniche esecutive per l'esecuzione delle opere in acciaio cemento armato normale e cemento armato precompresso".

## **Articolo 54**

### **INDAGINI E RILIEVI GEOGNOSTICI**

#### **54.1. GENERALITÀ**

L'Appaltatore sarà tenuto ad eseguire, a propria cura e spese, tutte le indagini ed i rilievi che la Direzione Lavori riterrà necessari od opportuni al fine di determinare, con la dovuta approssimazione, la natura e le caratteristiche dei terreni di impianto, nonché la presenza di eventuali discontinuità ed i livelli di acqua.

Le indagini ed i rilievi saranno sviluppati con ampiezza diversa a seconda delle caratteristiche strutturali e delle dimensioni dei manufatti, dei carichi da questi esercitati e dalla consistenza dei terreni di fondazione.

#### **54.2. INDAGINI IN SITO E PRELIEVO DI CAMPIONI**

Le indagini consisteranno in generale, in saggi di vario tipo, quale sondaggi, pozzetti o trincee, dei quali sarà effettuata un'accurata descrizione in base ai criteri geotecnici. La Direzione Lavori specificherà od autorizzerà la tecnica di indagine.

In ogni caso e salvo diversa disposizione, le indagini verranno spinte fino alla profondità alla quale i carichi possono indurre sollecitazioni significative di pressione nel terreno.

In rapporto alle condizioni di indagine, i campioni potranno essere prelevati in superficie, o mediante scavo di pozzetti, o mediante apparecchiature meccaniche etc.. Per ogni sondaggio, si darà luogo al prelievo di campioni ad ogni variazione stratigrafica e per strati di notevole spessore, a differenze di quota da 3 a 5 m., a seconda delle particolari condizioni.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

I campioni verranno conservati con la massima cautela in idonei contenitori stagni sui quali, con apposita etichetta, verranno indicati luogo e data del prelievo, numero del campione, quota di prelievo, denominazione del lavoro del cantiere e della Ditta Appaltatrice. Sugli stessi campioni, che dovranno essere conservati in locali riparati, la Direzione Lavori potrà fare eseguire tutti gli esami di laboratorio che riterrà necessari ed opportuni.

### **54.3. RELAZIONE**

Le indagini di laboratorio avranno lo scopo di determinare le proprietà indici per una completa identificazione e classificazione geotecnica dei terreni e le proprietà fisico-meccaniche degli stessi.

Per la determinazione delle proprietà fisico-meccaniche dei terreni, si dovrà ricorrere a prove in sito, nei casi in cui si presentasse particolarmente difficile il prelievo dei campioni indisturbati (es. sabbie o ghiaie incoerenti, torbe e materiale di riporto, argille scagliose etc.), oppure allorquando si dovesse verificare il comportamento di strutture di fondazione.

Ad indagini, prove e rilievi ultimati, l'Appaltatore sarà tenuto a presentare alla Direzione un'esauriente relazione, corredata di grafici e moduli riepilogativi, al fine di fornire un quadro sufficientemente chiaro di tutte le caratteristiche generali e particolari del terreno di impianto e di tutte le condizioni che possano influire sul dimensionamento e sulla stabilità delle opere.

La relazione sarà firmata da un Geologo professionalmente abilitato o da un esperto (nel rispetto della Normativa vigente) e dell'Appaltatore.

### **Articolo 55** **CONTROLLO PROVE E CONSEGNA DEI MATERIALI**

L'Impresa ha l'obbligo di ammettere, nei propri cantieri, il personale indicato dalla Direzione dei Lavori per la sorveglianza e controllo nella preparazione dei conglomerati cementizi in centrali di betonaggio, dei pietrischetti bitumati e dei conglomerati bituminosi, fornire personale e mezzi per l'accertamento delle prescrizioni di Capitolato.

Le prove comprovanti l'idoneità dei materiali impiegati dovranno essere fatte da laboratori universitari autorizzati a cura della Direzione dei Lavori ed a spese dell'Appaltatore.

La consegna dei materiali dovrà avvenire nelle strade a piè d'opera, o nei cantieri comunali o nelle piazzole predisposte in qualunque località del territorio comunale a cura dell'Impresa, secondo gli ordini ricevuti.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Sono a carico dell'Impresa tutte le operazioni di carico, trasporto e scarico, accatastamento e misura dei materiali, essendo tali oneri compresi nei prezzi unitari.

Le forniture avranno la durata prevista nell'apposito articolo, ma l'Amministrazione si riserva il diritto di richiederle in quelle quantità e con la gradualità che riterrà necessaria, stabilendo, di volta in volta, con buoni di ordinazione i quantitativi di materiale ed i termini di consegna senza che l'Impresa abbia diritto a compenso alcuno.

L'Appaltatore dovrà recarsi tutti i giorni presso la Direzione Lavori per ricevere i relativi ordini.

I materiali misurabili a volume secondo l'Elenco Prezzi, potranno essere misurati al loro arrivo con carico assestato nel camion, oppure in cataste di forma geometrica disposte a cura dell'Impresa.

L'Impresa si obbliga a consegnare i materiali con automezzi muniti di cassone regolare, col carico perfettamente spianato, senza vuoti, né cumuli, in modo che risulti un perfetto parallelepipedo.

Il personale del Comune ha l'obbligo di respingere i carichi che non corrispondono al solido di parallelepipedo.

I materiali valutabili a peso dovranno essere accompagnati da note pesi controllabili con le bascule dei cantieri od alla pesa pubblica.

Ogni carico inoltre, dovrà essere accompagnato da un buono di consegna con l'indicazione esatta del materiale corrispondente alle voci di Capitolato e della misura dei materiali.

## **Articolo 56**

### **SEGNALETICA ORIZZONTALE**

#### **56.1. – SEGNALETICA AD ELEVATA RETRORIFLETTENZA**

Per la segnaletica orizzontale la normativa di riferimento risulta essere la seguente:

- Circ. LL.PP. 16 maggio 1996, n. 2357 e successive modifiche ed integrazioni;
- Circ. LL.PP. 27 dicembre 1996, n. 5923 e successive modifiche ed integrazioni;
- Circ. LL.PP. 9 giugno 1997, n. 3107 e successive modifiche ed integrazioni.

Pertanto in sede di offerta le ditte dovranno presentare una dichiarazione del legale rappresentante della stessa ditta nella quale si attesta che i loro fornitori realizzeranno la fornitura come prescritto nelle specifiche tecniche e assicuri la qualità della fabbricazione ai sensi delle norme UNI EN ISO 9002/94 (dichiarazione di impegno).

La ditta che si aggiudica il lavoro dovrà presentare una dichiarazione di conformità dei prodotti alle specifiche tecniche del presente capitolato e secondo i criteri che assicurino la qualità della fabbricazione ai sensi delle norme UNI EN ISO 9002/94, dichiarazione ai sensi della norma EN 45014 rilasciata all'impresa installatrice direttamente dal produttore o fornitore (dichiarazione di

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

conformità).

Inoltre la segnaletica orizzontale dovrà essere priva di sbavature e ben allineata.

Il Direttore dei lavori potrà chiedere, in qualsiasi momento, all'appaltatore la presentazione del "certificato di qualità", rilasciato da un laboratorio ufficiale, inerente alle caratteristiche principali della vernice impiegata.

Potranno essere utilizzate due diverse tipologie materiali: pitture termoplastiche premiscelate con microsferi di vetro da applicare a spruzzo o con strisce laminate elasto-plastiche autoadesive.

## **56.2. – VERNICI TERMOPLASTICHE SPRUZZATE**

### **56.2.1. – CONDIZIONI DI STABILITÀ**

Per la vernice bianca il pigmento colorato sarà costituito da biossido di titanio con o senza aggiunta di zinco, per quella gialla da cromato di piombo.

Il liquido pertanto deve essere del tipo oleo-resinoso con parte resinosa sintetica; il fornitore dovrà indicare i solventi e gli essiccamenti contenuti nella vernice.

La vernice dovrà essere omogenea, ben macinata e di consistenza liscia ed uniforme, non dovrà fare crosta né diventare gelatinosa od ispessirsi.

La vernice dovrà consentire la miscelazione nel recipiente contenitore senza difficoltà mediante l'uso di una spatola a dimostrare le caratteristiche desiderate, in ogni momento entro sei mesi dalla data di consegna.

La vernice non dovrà assorbire grassi, olii ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie di nessun tipo e la sua composizione chimica dovrà essere tale che, anche durante i mesi estivi, anche se applicata su pavimentazione bituminosa, non dovrà presentare traccia di inquinamento da sostanze bituminose.

Il potere coprente della vernice deve essere compreso tra 1,2 e 1,5 m<sup>2</sup>/kg (ASTM D 1738); ed il peso suo specifico non dovrà essere inferiore a 1,50 kg·l a 25° C (ASTM D 1473).

### **56.2.2. – CARATTERISTICHE DELLE SFERE DI VETRO**

Le sfere di vetro dovranno essere trasparenti, prive di lattiginosità e di bolle d'aria e, almeno per il 90 % del peso totale, dovranno aver forma sferica con esclusione di elementi ovali, e non dovranno essere saldate insieme.

L'indice di rifrazione non dovrà essere inferiore ad 1,50 usando per la determinazione del metodo della immersione con luce al tungsteno.

Le sfere non dovranno subire alcuna alterazione all'azione di soluzioni acide saponate a pH 5÷5,3 e di soluzione normale di cloruro di calcio e di sodio.

La percentuale in peso delle sfere contenute in ogni chilogrammo di vernice prescelta dovrà essere compresa tra il 30 ed il 40 %.

Le sfere di vetro (premiscelato) dovranno soddisfare complessivamente le caratteristiche granulometriche indicate in tab. 56.2.1..

	<b>Setaccio A.S.T.M</b>	<b>% in peso</b>
<b>Perline passanti per il setaccio</b>	n. 70	100
<b>Perline passanti per il setaccio</b>	n. 140	15 ÷ 55
<b>Perline passanti per il setaccio</b>	n. 230	0 ÷ 10

**Tabella 56.2.1. – Caratteristiche granulometriche delle sfere di vetro**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### **56.2.3. – IDONEITÀ DI APPLICAZIONE**

La vernice dovrà essere adatta per essere applicata sulla pavimentazione stradale con le normali macchine spruzzatrici e dovrà produrre una linea consistente e piena della larghezza richiesta. Potrà essere consentita l'aggiunta di piccole quantità di diluente fino al massimo del 4% in peso.

### **56.2.3. BIS– QUANTITÀ DI VERNICE DA IMPIEGARE E TEMPO DI ESSICCAMENTO**

La quantità di vernice, applicata a mezzo delle normali macchine spruzzatrici sulla superficie di una pavimentazione bituminosa, in condizioni normali, dovrà essere non inferiore a 0,120 kg/m di striscia larga 12 cm, mentre per la striscia larga 15 cm non dovrà essere inferiore a 0,150 kg/m e di 1,00 kg per superfici variabili tra 1,0 e 1,2 m<sup>2</sup>. In conseguenza della diversa regolarità della pavimentazione ed alla temperatura dell'aria tra i 15 °C e 40 °C e umidità relativa non superiore al 70%, la vernice applicata dovrà asciugarsi sufficientemente entro 30÷45 minuti dell'applicazione; trascorso tale periodo di tempo le vernici non dovranno staccarsi, deformarsi o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Il tempo di essiccamento sarà anche controllato in laboratorio secondo le norme ASTM D/711-35.

### **56.2.4. – VISCOSITÀ**

La vernice, nello stato in cui viene applicata, dovrà avere una consistenza tale da poter essere agevolmente spruzzata con la macchina traccialinee; tale consistenza misurata allo stornmer viscosimeter a 25 °C espressa in unità Krebs sarà compresa tra 70 e 90 (ASTM D 562). La vernice che cambi consistenza entro sei mesi dalla consegna sarà considerata non rispondente a questo requisito.

La vernice dovrà essere conforme al bianco o al giallo richiesto.

La determinazione del colore sarà fatta in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 24 ore.

La vernice non dovrà contenere alcuno elemento colorante organico e dovrà scolorire al sole.

Quella bianca dovrà possedere un fattore di riflessione pari almeno al 75% relativo all'ossido di magnesio, accertata mediante opportuna attrezzatura.

Il colore dovrà conservare nel tempo, dopo l'applicazione, l'accertamento di tali conservazioni che potrà essere richiesto dalla Stazione appaltante in qualunque tempo prima del collaudo e che potrà determinarsi con opportuni metodi di laboratorio.

### **56.2.5. – RESIDUO**

Il residuo non volatile sarà compreso tra il 65% ed il 75% in peso sia per la vernice bianca che per quella gialla.

### **56.2.6. – CONTENUTO DI PIGMENTO**

Il contenuto di biossido di titanio (pittura bianca) non dovrà essere inferiore al 14% in peso e quello cromato di piombo (vernice gialla) non inferiore al 10% in peso.

### **56.2.7. – RESISTENZA AI LUBRIFICANTI E CARBURANTI**

La pittura dovrà resistere all'azione lubrificante e carburante di ogni tipo e risultare insolubile ed inattaccabile alla loro azione.

### **56.2.8. – PROVA DI RUGOSITÀ SU STRADA**

Le prove di rugosità potranno essere eseguite su strade nuove in un periodo tra il 10° ed il 30° giorno dall'apertura del traffico stradale.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Le misure saranno effettuate con apparecchio Skid Tester ed il coefficiente ottenuto secondo le modalità d'uso previste dal R.D.L. inglese, non dovrà abbassarsi al di sotto del 60% di quello che presenta pavimentazioni non verniciate nelle immediate vicinanze della zona ricoperta con pitture; in ogni caso il valore assoluto non dovrà essere minore di 35 (trentacinque).

#### **56.2.9. – DILUENTE**

Dovrà essere del tipo derivato da prodotti rettificati dalla distillazione del petrolio e dovrà rispondere al D.P.R. n. 245 del 6 marzo 1963 privi di benzolo e con una percentuale minima di componenti di tuoiolo e fluolo e quindi inferire alla percentuale prescritta dall'art. 6 della sopra citata legge.

#### **56.2.10. – CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RICHIESTE**

Il materiale deve essere corredato di certificazione di garanzia e di conformità alla normativa UNI EN 1436/98 e successive modifiche.

La segnaletica orizzontale provvisoria di cantiere deve possedere i seguenti requisiti:

$$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe Q2};$$

$$R.L. \geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe R4};$$

$$\beta \geq 0,30, \text{ come previsto per la classe B3};$$

$$S.R.T. \geq 45, \text{ come previsto dalla classe S1}.$$

La segnaletica orizzontale nuova deve possedere i seguenti requisiti:

1) Alla consegna dei lavori:

$$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe Q2};$$

$$R.L. \geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe R4};$$

$$\beta \geq 0,30, \text{ come previsto per la classe B3};$$

$$S.R.T. \geq 45, \text{ come previsto dalla classe S1}.$$

2) Dopo 180 gg:

$$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe Q2};$$

$$R.L. \geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe R4};$$

$$\beta \geq 0,40, \text{ come previsto per la classe B3};$$

$$S.R.T. \geq 45, \text{ come previsto dalla classe S1}.$$

3) Dopo 365 gg:

$$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe Q2};$$

$$R.L. \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe R4};$$

$$\beta \geq 0,40, \text{ come previsto per la classe B3};$$

$$S.R.T. \geq 45, \text{ come previsto dalla classe S1}.$$

La segnaletica orizzontale a ripasso deve possedere i seguenti requisiti:

1) alla consegna dei lavori:

$$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe Q2};$$

$$R.L. \geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe R4};$$

$$\beta \geq 0,40, \text{ come previsto per la classe B3};$$

$$S.R.T. \geq 45, \text{ come previsto dalla classe S1}.$$

2) Dopo 180 gg:

$$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe Q2};$$

$$R.L. \geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}, \text{ come previsto per la classe R4};$$

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

$\beta$   $\geq 0,40$ , come previsto per la classe B3;  
S.R.T.  $\geq 45$ , come previsto dalla classe S1.

3) Dopo 365 gg:

$Q_d$   $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe Q2;  
R.L.  $\geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe R4;  
 $\beta$   $\geq 0,40$ , come previsto per la classe B3;  
S.R.T.  $\geq 45$ , come previsto dalla classe S1.

La segnaletica per fasce di arresto, zebraure, triangoli realizzata con pittura bicomponente avente residuo secco al 99%, denominato comunemente "colato plastico a freddo " nella quantità minima di  $2 \text{ kg/m}^2$ , deve possedere i seguenti requisiti:

1) alla consegna dei lavori:

$Q_d$   $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe Q2;  
R.L.  $\geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe R4;  
 $\beta$   $\geq 0,40$ , come previsto per la classe B3;  
S.R.T.  $\geq 45$ , come previsto dalla classe S1.

2) Dopo 180 gg:

$Q_d$   $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe Q2;  
R.L.  $\geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe R4;  
 $\beta$   $\geq 0,40$ , come previsto per la classe B3;  
S.R.T.  $\geq 45$ , come previsto dalla classe S1.

3) Dopo 365 gg:

$Q_d$   $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe Q2;  
R.L.  $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe R4;  
 $\beta$   $\geq 0,40$ , come previsto per la classe B3;  
S.R.T.  $\geq 45$ , come previsto dalla classe S1.

Infine, per quanto concerne le frecce, le scritte ed i disegni vari, si deve garantire che:

1) alla consegna dei lavori:

$Q_d$   $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe Q2;  
R.L.  $\geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe R4;  
 $\beta$   $\geq 0,40$ , come previsto per la classe B3;  
S.R.T.  $\geq 45$ , come previsto dalla classe S1.

2) Dopo 180 gg:

$Q_d$   $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe Q2;  
R.L.  $\geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe R4;  
 $\beta$   $\geq 0,40$ , come previsto per la classe B3;  
S.R.T.  $\geq 45$ , come previsto dalla classe S1.

3) Dopo 365 gg:

$Q_d$   $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe Q2;  
R.L.  $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ , come previsto per la classe R4;  
 $\beta$   $\geq 0,40$ , come previsto per la classe B3;  
S.R.T.  $\geq 45$ , come previsto dalla classe S1.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### 56.2.11. – CANCELLAZIONE DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE

La cancellazione della segnaletica orizzontale di qualsiasi tipo e dimensione deve essere eseguita con apposita macchina scarificatrice o eventualmente mediante ricoprimento con vernice di colore nero.

### 56.3. – STRISCIE LAMINATE ELASTO-PLASTICHE AUTOADESIVE

#### 56.3.1. - DESCRIZIONE

La segnaletica orizzontale ad elevata retroriflettenza dovrà essere realizzata applicando un laminato elasto-plastico autoadesivo su pavimentazione ancora calda e non definitivamente addensata con l'impiego di un rullo costipante di adeguato peso e dimensioni.

#### 56.3.2. - CARATTERISTICHE DEL MATERIALE

Il materiale dovrà essere costituito da un laminato elasto-plastico realizzato con polimeri di elevata qualità costituenti il supporto e microsferi di ceramica o vetro immerse con aggregati antiscivolo in una resina ad alto grado di bianco ed elevata resistenza all'usura.

#### 56.3.3. - REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Il materiale dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

##### 56.3.3.1. - Applicazione di margine sinistro

- Spessore:  $\leq 1,5$  mm
- Colore: i colori dei laminati elasto-plastici devono rientrare, per tutta la loro vita funzionale, all'interno delle regioni determinate dai vertici delle coordinate di cromaticità, riportate nella tab. 56.1.1., come previsto nella norma UNI EN 1436, appendice C.

Vertici		1	2	3	4
S. O. bianca	X	0.355	0.305	0.285	0.335
	Y	0.355	0.305	0.325	0.375
Illuminante normalizzato D65 (ISO/CIE 10526)					
Geometria di lettura: $45^\circ/0^\circ$ ; illuminazione $(45 \pm 5)^\circ$ e misurazione a $(0 \pm 10)^\circ$					

Tabella 56.1.1. – Caratteristiche delle strisce poste al margine sinistro

- Retroriflettenza  $\text{mcd/lux} * \text{m}^2$ :  $\geq 350$
- Distanza d'osservazione : 30 m
- Angolo d'osservazione  $\alpha$  :  $2,29^\circ$
- Angolo d'illuminamento  $\epsilon$ :  $1,24^\circ$
- Antidrucciolo :  $\geq 50$  srt (British Portable Skid Resistance Tester)
- Microsfere ancorate alla resina
- Indice di rifrazione  $\geq 1,7$

##### 56.3.3.2. - applicazioni di margine destro e tratteggio frecce e scritte

Il prodotto dovrà presentare una geometria a rilievo tale da consentire un'elevata visibilità in qualunque condizione ambientale come in caso di pioggia.

Spessore:  $\leq 2,5$  mm

Colore: I colori dei laminati elastoplastici devono rientrare, per tutta la loro vita funzionale, all'interno delle regioni determinate dai vertici delle coordinate di cromaticità, riportate nella tab. 56.1.2., come previsto nella norma UNI EN 1436, appendice C.



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Vertici		1	2	3	4
S. O. bianca	X	0.355	0.305	0.285	0.335
	Y	0.355	0.305	0.325	0.375
Illuminante normalizzato D65 (ISO/CIE 10526)					
Geometria di lettura: 45°/0°; illuminazione (45 ± 5)° e misurazione a (0 ± 10)°					

**Tabella 56.1.2. – Caratteristiche delle strisce poste al margine sinistro**

Retroriflettenza mcd/lux * m <sup>2</sup> :	≥ 550
Distanza d'osservazione :	30 m
Angolo d'osservazione α:	2,29°
Angolo d'illuminamento ε:	1,24°
Antisdrucchiolo:	≥ 50 srt (British Portable Skid Resistance Tester)
Microsfere ancorate alla resina	
Indice di rifrazione	≥ 1,7

#### **56.3.4. - POSA IN OPERA**

La posa in opera del laminato elastoplastico autoadesivo dovrà essere effettuata con idonea attrezzatura sulla pavimentazione appena realizzata ad addensamento non ancora completamente ultimato e con temperatura compresa tra i 50° C e 70° C.

La posa potrà essere effettuata, se ordinato dalla D.L., anche su pavimentazione da tempo realizzata riscaldando la superficie d'incasso con idonea attrezzatura munita di lampade a raggi infrarossi in grado di riscaldare il supporto alle temperature sopra indicate.

L'attrezzatura per la posa delle strisce, preventivamente accettata dalla D.L., dovrà essere automatica e semovente con velocità di posa adeguata a quella della vibrorifinitrice dotata di puntatore regolabile, rulli di trascinamento del laminato e lame da taglio, per eseguire un lavoro a perfetta regola d'arte soprattutto per quanto concerne gli allineamenti, dimensioni tratteggi e larghezze.

L'incasso dovrà essere realizzato con un idoneo rullo a ruote metalliche di idoneo peso preventivamente accettato dalla D.L.

Frecce, scritte e zebrature saranno posate manualmente.

#### **56.3.5. - DURATA, GARANZIE E PENALI**

Tutti i materiali impiegati dovranno essere riconosciuti idonei dalla Direzione Lavori; l'Impresa resta comunque totalmente responsabile della riuscita del lavoro.

I materiali da impiegare nelle lavorazioni, devono essere forniti da Produttori che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione. Certificazione di Qualità ISO 9000

L'impresa stessa o i propri fornitori, ai sensi della Circolare n. 2357 del 16.5.1996 del Ministero dei Lavori Pubblici e successive modifiche ed integrazioni e conformemente alle Norme EN ISO 9002/94, realizzeranno la fornitura dei materiali occorrenti come prescritto dalle norme tecniche predisposte dalla stazione appaltante e secondo i criteri che assicurano la qualità ai sensi della Circolare medesima.

La qualità dei materiali dovrà essere comunque verificata tutte le volte che la Provincia lo riterrà necessario ed in qualsiasi fase della produzione e/o realizzazione dei lavori.

Nel caso che i materiali dovessero risultare diversi da quelli dichiarati, l'Impresa provvederà a sua cura e spese alla completa sostituzione del materiale non idoneo anche se già posto in opera.

La durata del materiale in strada non dovrà essere inferiore a 6 anni.

Nel caso che, per motivi dipendenti dalla qualità del laminato si dovessero verificare distacchi, ammaloramenti o rotture delle strisce di segnaletica l'Impresa è tenuta alla sostituzione immediata delle parti ammalorate.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

I valori di retroriflettenza misurati con attrezzatura portatile in sito o con attrezzatura ad alto rendimento (tipo Ecodyn), che utilizzino la geometria stabilita dalla UNI EN 1436, appendice B, dovranno alla partenza avere i valori indicati ai punti 8.2.10. e 8.3.3.; al di sotto di dette tolleranze si applicheranno detrazioni pari al 10% del prezzo totale.

Nei 6 anni di garanzia il valore di retroriflessione non dovrà mai scendere al di sotto di 100 mcd lux<sup>-1</sup> m<sup>2</sup>., ed il valore di antisdrucchiolo non dovrà mai scendere al di sotto dei 50 SRT, pena il rifacimento gratuito dei tratti sotto i valori indicati.

*La segnaletica orizzontale e verticale sarà realizzata conformemente e nel rispetto delle disposizioni tecnico-normative del Nuovo Codice della Strada (D.Lgs. n. 285/1992 del 30 Aprile 1992) e del relativo Regolamento di Attuazione (D.P.R.n.495/1992 del 16 Dicembre 1992) e successive modifiche ed integrazioni.*

## **Articolo 57**

### **MISURAZIONE DEI LAVORI**

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici, a numero o a peso, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi.

Saranno liquidate quantità maggiori di quelle fissate dal progetto, solo quando la D.L. ne abbia ordinato l'impiego.

Le misure, prese in contraddittorio durante l'esecuzione dei lavori, saranno riportate su appositi libretti che saranno firmati da incaricati dalla D.L. e dall'Impresa.

#### **57.1. SCAVI E RILEVATI**

La misurazione degli scavi e dei rilevati verrà effettuata con il metodo delle sezioni raggugliate. All'atto della consegna dei lavori, l'Impresa eseguirà, in contraddittorio con la Direzione dei Lavori, il controllo delle quote delle sezioni trasversali e la verifica delle distanze fra le sezioni stesse. In base a tali rilievi ed a quelli da praticarsi ad opere finite od a parti di essa, purché finite, con riferimento alle sagome delle sezioni tipo ed alle quote di progetto, sarà determinato il volume degli scavi e dei rilevati eseguiti per la sede stradale. Analogamente si procederà per le altre opere fuori della medesima sede.

Tutti gli scavi necessari per la formazione dei piani di posa saranno valutati a misura con i Prezzi Unitari di Elenco, relativi agli scavi di sbancamento.

L'onere relativo al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, delle radici, degli arbusti etc. ed il riempimento delle buche risultanti dall'estirpamento delle radici delle piante, è compreso e compensato nei prezzi relativi agli scavi di sbancamento.

Sarà obbligo dell'Appaltatore, 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.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

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.

Nello scavo di sbancamento è compreso l'onere della sagomatura del fondo e delle pareti, per la formazione del cassonetto stradale con le quote e le pendenze indicate in progetto.

Gli scavi subacquei saranno valutati a partire dal piano orizzontale a quota di 0,20 mt. sotto il livello normale delle acque stabilitesi senza emungimento dei cavi.

#### **57.1.1. SCAVI DI SBANCAMENTO E DI FONDAZIONE**

Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà dell'Amministrazione appaltante. L'Impresa potrà usufruire dei materiali stessi, sempre che vengano riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori ma, limitatamente ai quantitativi necessari all'esecuzione delle opere appaltate e per quelle categorie di lavoro di cui è stabilito il Prezzo di Elenco con materiali provenienti dagli scavi.

Quando negli scavi, in genere, si fossero passati i limiti assegnati, non solo non si terrà conto del maggior lavoro eseguito, ma l'Impresa dovrà, a sue spese, rimettere in sito le materie scavate in più, o comunque provvedere a quanto necessario per assicurare la regolare esecuzione delle opere.

Il prezzo relativo agli scavi in genere, da eseguirsi con le modalità prescritte, comprende tra gli oneri particolari:

- il taglio delle piante, l'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti etc. ed il loro trasporto in aree messe a disposizione della Direzione dei Lavori; lo scavo, il trasporto e lo scarico dei materiali a rifiuto, a reimpiego od a deposito entro il territorio comunale, la perfetta profilatura delle scarpate e dei cassonetti anche in roccia; gli esaurimenti di acqua negli scavi di sbancamento.

Qualora per la qualità del terreno, o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbadacchiare e armare le pareti degli scavi, l'Impresa dovrà provvedere, a sue spese ed adottare tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti.

Nessun compenso spetterà all'Impresa per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato in dette armature e sbadacchiature e così pure se le condizioni locali richiedessero che gli scavi, anche di sbancamento, siano da eseguirsi "a campione".

Nel caso degli scavi in terra, solo i trovanti rocciosi o fondazioni di murature aventi singolo volume superiore a mc. 1, se rotti, verranno compensati con i relativi Prezzi di Elenco ed il loro volume sarà detratto da quello degli scavi in terra.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Gli scavi di fondazione saranno computati per un volume uguale a quello risultante dal prodotto dell'area di base delle murature di fondazione per la loro profondità, misurata a partire dal piano dello scavo di sbancamento.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpa, ma in tal caso non sarà pagato il maggior volume, né il successivo riempimento a ridosso delle murature che l'Impresa dovrà eseguire a propria cura e spese.

Al volume di scavo per ciascuna classe di profondità indicata nell'Elenco Prezzi, verrà applicato il relativo prezzo e sovrapprezzo.

Gli scavi di fondazione saranno considerati scavi subacquei e compensati con il relativo sovrapprezzo, solo se eseguiti a profondità maggiore di cm. 20 dal livello costante a cui si stabilizzano le acque.

Nel prezzo degli scavi di fondazione è sempre compreso l'onere del riempimento dei vuoti attorno alla muratura.

#### **57.1.2. RILEVATI**

L'area delle sezioni di rilevato verrà computata rispetto al piano di campagna di prima pianta, con l'aggiunta dell'area corrispondente al materiale asportato per la formazione del piano di posa, ma senza tener conto del cedimento da questo subito, per effetto della compattazione meccanica o per naturale assestamento, né della riduzione di volume che il materiale riportato subirà, rispetto al volume che occupava nel sito di scavo, oppure allo stato sciolto, a seguito della compattazione meccanica.

Qualora l'Impresa superasse le sagome fissate dalla Direzione dei Lavori, il maggiore rilevato non verrà contabilizzato e l'Impresa, se ordinato dalla Direzione dei Lavori, rimuoverà, a sua cura e spese, i volumi di terra riportati o depositati in più provvedendo, nel contempo, a quanto necessario per evitare menomazioni alla stabilità dei rilevati accettati dalla Direzione dei Lavori.

I prezzi relativi ai rilevati saranno applicati anche per la formazione degli arginelli in terra.

L'onere della frantumazione dei materiali provenienti da scavi di sbancamento o di fondazione in roccia o da scavi in galleria, onde ottenere la pezzatura prevista per il loro reimpiego a rilevato, è compreso e compensato con i prezzi relativi allo scavo di sbancamento ed allo scavo di fondazione in roccia da mina ed allo scavo in galleria.

Qualora l'Impresa, per ragioni di propria convenienza, non ritenesse opportuno procedere alla frantumazione di tali materiali, previo ordine scritto della Direzione dei Lavori, potrà portare a rifiuto i materiali rocciosi e sostituirli con un uguale volume di

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

materiali provenienti da cave di prestito appartenenti al gruppo A1 (classifica C.N.R. UNI 10006) i quali ultimi, però verranno contabilizzati come materiali provenienti dagli scavi.

Il volume V di materiali provenienti da cava di prestito, sarà dedotto convenzionalmente in base al seguente conteggio:

$$V = V_r - V_s + V_{ni} + V_{mu}$$

dove:

$V_r$  = volume totale dei rilevati contabilizzati per l'intera lunghezza del lotto;

$V_s$  = volume degli scavi di sbancamento, di fondazione ed in galleria contabilizzati per l'intera lunghezza del lotto;

$V_{ni}$  = volume delle terre provenienti dagli scavi, ritenute non idonee dalla Direzione dei Lavori per l'impiego in rilevato;

$V_{mu}$  = volume dei materiali (pietrame, misti granulari, detriti di cava, sabbia etc.) utilizzati per altri lavori.

Soltanto al volume V così ricavato, sarà applicato il prezzo relativo alla fornitura di materiali idonei provenienti da cave di prestito per la formazione dei rilevati.

Qualora l'Impresa, per la formazione dei rilevati, ritenga di sua convenienza, portare a rifiuto materiali provenienti dagli scavi della sede stradale e riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori, sostituendoli con materiali provenienti da cave di prestito, per il volume corrispondente a questi ultimi materiali, non verrà applicato il prezzo relativo alla fornitura di materiali provenienti da cave di prestito per la formazione dei rilevati.

## **57.2. MASSICCIATA**

La ghiaia, il pietrisco ed in genere tutti i materiali per massicciate stradali, si valuteranno a metro cubo, con i Prezzi di Elenco relativi.

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 dei Lavori, verrà fatta o con canne metriche, oppure col mezzo di una cassa senza fondo, parallelepipedo, che avrà le dimensioni di metri 1,00 x 1,00 x 0,50.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

All'atto della misurazione, sarà facoltà della Direzione dei Lavori di dividere i cumuli in tante serie, ognuna di un determinato volume e di scegliere, in ciascuna serie, uno o più cumuli da misurare come campioni.

Il volume minore dei cumuli misurati, sarà applicato a tutti quelli della serie e se l'Appaltatore avrà mancato all'obbligo dell'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, trasporto della cassa e quelle per lo spanditura dei materiali, saranno a carico dell'Appaltatore e compensate con i Prezzi di Elenco della ghiaia e di 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 particolari norme e prescrizioni.

### **57.3. CILINDRATURA DI MASSICCIATA E FONDAZIONE**

Il lavoro di cilindatura di massicciate con rulli compressore a trazione meccanica, sarà pagato in ragione di metro cubo di pietrisco cilindato, qualunque sia la larghezza della striscia da cilindare e salvo diversa disposizione in Elenco Prezzi.

### **57.4. FONDAZIONI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO**

Anche per queste voci, la misurazione è prevista a metro cubo di opera finita e salvo diversa disposizione in Elenco Prezzi.

### **57.5. TRATTAMENTI SUPERFICIALI E PAVIMENTAZIONI**

I trattamenti superficiali, le penetrazioni, i manti di conglomerato, le pavimentazioni cementizie ed 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 a norme indicate.

Per i conglomerati, ove l'Elenco lo prescriva, la misurazione sarà fatta a peso od a volume.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## Articolo 58 MOVIMENTI DI MATERIE

### 58.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

*Il corpo stradale è il solido altimetricamente compreso tra il piano di campagna e il piano viabile. Al di fuori dei tratti occupati da opere d'arte maggiori (ponti, viadotti e gallerie), il corpo stradale si realizza attraverso movimenti di materie con la costruzione di rilevati e l'apertura di trincee.*

*Il rilevato è la porzione del corpo stradale altimetricamente compresa tra il suo piano di posa (di norma complanare a quello di campagna) e quello di posa della sovrastruttura stradale.*

*Il corpo del rilevato è la porzione di rilevato altimetricamente compresa tra il suo piano di posa e il piano di posa del sottofondo.*

*Il sottofondo è lo strato di materiale (tradizionalmente terroso) costituente il fondo di uno scavo o la parte superiore di un rilevato, avente caratteristiche atte a costituire adeguato appoggio alla sovrastruttura; tale deve considerarsi il materiale sino ad una profondità alla quale le azioni indotte dai carichi mobili sono apprezzabili ed influenti sulla stabilità dell'insieme (di solito dell'ordine di 100 cm).*

*Nei movimenti di materiali si distinguono le seguenti lavorazioni:*

- lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), nonché lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanze organiche);
- gli scavi di sbancamento per l'apertura della sede stradale in trincea, per la predisposizione dei piani di appoggio dei rilevati e per le opere di pertinenza stradali;
- gli scavi a sezione ristretta per l'impianto di opere d'arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia;
- la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore di questi su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo).

*Per la costruzione dei rilevati e dei sottofondi è consentito l'impiego sia di materiali naturali, sia di materiali riciclati provenienti da attività di costruzione o demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 febbraio 1998. I materiali riciclati possono essere miscelati tra loro e anche con terre naturali.*

L'adozione di tecnologie, materiali e prodotti di tipo innovativo, diversi dalle terre, può essere prevista nel progetto; in questi casi, per la qualificazione e i controlli dei materiali, l'Impresa deve attenersi alle specificazioni di progetto.

In presenza di esigenze tecniche particolari, l'Impresa può anche proporre l'impiego di materiali non previsti espressamente in progetto, ma sempre nel rispetto del quadro economico. In questo caso i materiali devono essere sottoposti, prima del loro impiego, ad adeguate verifiche e, se necessario, a prove di laboratorio per accertarne l'idoneità alla particolare utilizzazione prevista, secondo le specifiche indicate nei paragrafi

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

seguenti. Gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

## **58.2 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI**

*Con riferimento alla verifica del progetto ed alle lavorazioni per la formazione del corpo stradale in trincea ed in rilevato, l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, indicando le fonti di approvvigionamento dei materiali, le discariche e i siti di deposito, nonché eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su determinazioni sperimentali di laboratorio e su prove in vera grandezza.*

Detta indagine si articola di norma come segue:

- rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative;
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;
- identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) o dei materiali riciclati per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le prove di laboratorio di cui ai seguenti paragrafi.

*Tenuto conto dei risultati dell'indagine, l'Impresa predisporre i seguenti documenti da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni:*

- *Piano dettagliato della sperimentazione in vera grandezza (campo prove);*
- *Piano particolareggiato delle lavorazioni di movimenti di materie.*

### **58.2.1 DISCARICHE E LUOGHI DI DEPOSITO**

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti devono essere portate a rifiuto nelle discariche individuate in progetto ovvero nel rispetto delle leggi e dei regolamenti locali, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione del Direttore dei Lavori e degli Enti preposti alla tutela del territorio.

Si deve in ogni caso evitare che le materie depositate possano arrecare danni (sia nel breve che nel lungo termine) alle opere realizzate ed alle proprietà limitrofe, come pure essere causa d'instabilità dei terreni adiacenti ed ostacolo al libero deflusso delle acque.

In relazione alle cubature da conferire a discarica (ed eventualmente anche da mettere a deposito provvisorio), in siti non previsti o non esaurientemente trattati in progetto, l'Appaltatore è tenuto a produrre:

- gli studi di stabilità e d'integrazione ambientale della discarica, particolarmente per quanto riguarda l'idrologia superficiale e profonda e l'impatto paesaggistico;
- le autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti in materia, in accordo alle norme ed ai regolamenti vigenti, come pure quelle relative all'occupazione dei terreni, da parte dei proprietari.



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

In linea generale i materiali idonei provenienti dagli scavi devono essere utilizzati immediatamente, senza far ricorso a luoghi di deposito provvisori.

Nel caso in cui le materie provenienti dagli scavi dovessero essere temporaneamente accantonate, per essere utilizzate successivamente nei riempimenti di cavi, rinterrati, eccetera, esse possono essere depositate nell'ambito del cantiere o in luoghi tali da non provocare danni a persone e cose ed intralci al traffico.

I luoghi di deposito della terra vegetale da utilizzarsi per il ricoprimento delle scarpate e per la realizzazione di opere in verde, in particolare, debbono essere sistemati in modo da evitare venute e ristagni d'acqua, capaci di impedire l'ossigenazione della terra stessa. I cumuli di terra vegetale disposti con scarpate generalmente di 3/2, non devono superare l'altezza di 3,00 metri, particolarmente nel caso in cui il piano d'impiego preveda attese superiori di più di sei mesi.

Nella sistemazione dei depositi di terra vegetale, inoltre, l'Impresa ha l'obbligo:

- di utilizzare modalità operative e mezzi idonei ad evitare ogni costipamento ed assestamento della terra;
- di mantenere i depositi provvisori esenti da vegetazione indesiderata, procedendo alla falciatura delle erbe infestanti, prima della fioritura, ovvero al diserbamento, anche mediante l'impiego di diserbanti, se accettati dalla Direzione dei Lavori in relazione al loro rischio ambientale.

L'Impresa deve produrre, anche per le cave di deposito temporaneo e permanente, se necessario a modifica o integrazione del progetto, calcoli geotecnici ed elaborati di controllo e salvaguardia ambientale, in analogia a quanto sarà illustrato per le cave di prestito.

### **58.2.2 CAVE DI PRESTITO**

Per le cave di prestito messe a disposizione dalla Stazione appaltante, le aree da cui devono prelevarsi i materiali sono consegnate all'Appaltatore in occasione della consegna dei lavori (ovvero di verbale parziale, se è disposta una consegna frazionata).

Per l'occasione possono essere specificate le particolari modalità previste in progetto e che l'Impresa deve rispettare in ordine:

- ad eventuali condizioni particolari di prelievo del materiale (estrazione in acqua, a strati suborizzontali o frontali, uso o meno di mine);
- alla regolamentazione in materia d'ambiente, d'inquinamento atmosferico ed acustico, di sicurezza dell'esercizio;
- alle condizioni di stoccaggio del materiale cavato;
- alle opere provvisorie e finalizzate al deflusso delle acque;
- alle vie di accesso (viabilità interessata e piste di servizio);
- al ripristino dei luoghi dopo l'esercizio (ricucitura vegetazionale e modellazione morfologica, ripristini di pavimentazioni, ecc.).

Per le cave di prestito proposte dall'Appaltatore, o individuate sotto la sua responsabilità, in difformità del progetto, ovvero nel caso in cui il progetto ne lasci l'onere all'esecutore, la soluzione deve essere da questo sottoposta all'approvazione del Direttore dei Lavori, provvedendo a corredare la richiesta di:

- indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

all'impiego

- valutazione delle cubature estraibili;
- modalità di esercizio come sopra specificato;
- benessere del proprietario del suolo allo sfruttamento.

### **58.2.3 IMPIANTI DI PRODUZIONE DI MATERIALI RICICLATI**

#### **58.2.3.1 Requisiti degli impianti di produzione**

*Per il presente articolo e per tutte le lavorazioni con materiali riciclati, per tutto quanto non esposto nel presente Capitolato, si farà riferimento al Capitolato Speciale di Appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione della Regione Toscana (approvato con D.G.R.T. n. 337 del 15/05/2006).*

Gli impianti di produzione di inerti riciclati devono essere qualificati dalla Direzione Lavori per stabilirne l'idoneità alla fornitura del materiale, nonché la rispondenza alle prescrizioni metodologiche del processo di cui al punto 7.1.3 del D.M. 05/02/98 – Allegato1.

Le modalità di trattamento e di miscelazione dei residui delle attività dalle quali viene generato l'aggregato possono influire notevolmente sulla qualità del prodotto finale.

Per ottenere con maggiore certezza costanti risultati in opera, il materiale da riciclo deve mantenere elevati livelli di costanza granulometrica e di composizione. Questo risultato può essere raggiunto qualora gli impianti di produzione di inerti riciclati siano organizzati in modo tale da:

- a) consentire il controllo della qualità dei materiali in arrivo, per una verifica delle caratteristiche e dell'idoneità all'utilizzo;
- b) essere dotati di zone debitamente attrezzate e delimitate per lo stoccaggio provvisorio del materiale, eventualmente suddiviso per tipologie (calcestruzzi, macerie, conglomerati bituminosi, sfridi, scarti industriali, ecc.);
- c) consentire l'alimentazione dell'impianto di trattamento mediante mezzo meccanico (per esempio una pala gommata), evitando che lo stesso venga alimentato direttamente dagli autocarri in arrivo;
- d) consentire, in uscita dalla tramoggia di alimentazione, il controllo qualitativo dei materiali con eventuale esclusione dal ciclo produttivo del materiale non idoneo e/o pericoloso ed invio, tramite un by-pass, ad uno stoccaggio separato;
- e) consentire una prima vagliatura, mediante vibrovaglio, per l'eliminazione della frazione fine, e il convogliamento del materiale nella camera di frantumazione del mulino, in modo da avere la riduzione granulometrica dei detriti ed il perfetto distacco delle armature di acciaio dal calcestruzzo;
- f) consentire l'individuazione di sostanze pericolose e/o nocive;

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

- g) essere dotato di un deferrizzatore primario per l'eliminazione degli elementi ferrosi e di un secondo deferrizzatore, posto più vicino al nastro, in grado di eliminare anche le parti metalliche minute eventualmente sfuggite al primo deferrizzatore;
- h) consentire la separazione automatica, anche in più stadi, delle frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere, ecc.) che devono essere convogliate in appositi contenitori;
- i) essere dotato di un vibrovaglio, per la selezione delle diverse frazioni granulometriche. Per garantire la costanza della qualità del prodotto, a prescindere dalle tipologie in alimentazione, gli impianti devono essere strutturati in modo tale da consentire la compensazione di carenze o eccedenze di frazioni granulometriche (dovute al tipo di materiale immesso nel ciclo); ciò, mediante la predisposizione di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente l'intero assortimento granulometrico richiesto.

#### **Impianti a prodotto costante**

Impianti nei quali sono rispettati tutti i requisiti di cui ai precedenti punti da a) ad i) e nei quali sia mantenuto un controllo efficace sulla produzione al fine di garantirne un elevato livello di costanza granulometrica e di composizione degli inerti prodotti (vedasi anche al successivo § 58.2.3.3.).

#### **58.2.3.2 Formazione, stoccaggio e caratterizzazione dei lotti**

In relazione alla variabilità della provenienza dei materiali in arrivo all'impianto, dalla quale può conseguire una disuniformità del comportamento in opera, gli aggregati riciclati possono essere impiegati unicamente se facenti parte di lotti previamente caratterizzati. I risultati delle prove di laboratorio su campioni, da prelevare secondo le modalità di seguito indicate, sono da ritenersi rappresentativi del solo lotto sul quale è stato effettuato il campionamento.

I singoli lotti di prodotto devono essere stoccati su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separati e distinguibili gli uni dagli altri. I lotti hanno di norma dimensioni variabili da 500 a 3000 m<sup>3</sup>.

L'accumulo del materiale può avvenire, per ciascun lotto:

- in cumuli di forma conica o piramidale, costituiti per caduta dall'alto del materiale, senza particolari accorgimenti destinati ad evitare la segregazione granulometrica o a favorire la miscelazione degli apporti;
- in cumuli piatti ed estesi, a superficie superiore piana ed orizzontale e di altezza massima di 3 m; in tal caso possono essere sovrapposte partite diverse, purché la base di appoggio della partita sovrastante sia interamente interna, con adeguato margine, alla superficie superiore della partita sottostante. Questo tipo di accumulo di materiale è da preferire perché contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali;
- con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione;
- in volumi predisposti per un sistema di asportazione automaticamente omogeneizzante.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Eccezionalmente, un lotto può essere costituito dal solo contenuto del singolo veicolo impiegato per il trasporto.

### 58.2.3.3 Campionamento ai fini della caratterizzazione del prodotto

Il campionamento deve essere eseguito a cura del Personale del Laboratorio specializzato che effettua le prove sul materiale e che redige il relativo Certificato di prova.

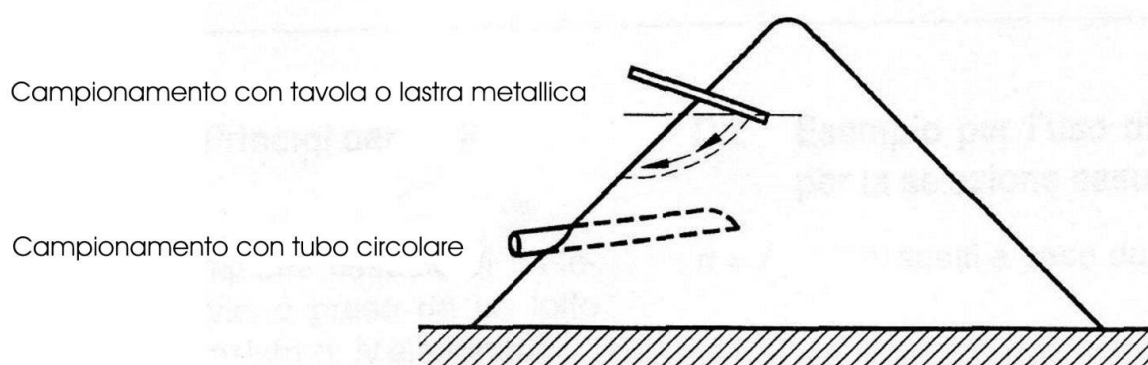
Durante l'esecuzione delle campionature devono essere annotate e riportate in apposito Verbale di prelevamento tutte le notizie che possono concorrere a fornire utili indicazioni sulla rappresentatività dei campioni prelevati, sulla loro ubicazione e sulle condizioni dei cumuli.

Ciascun campione deve essere tenuto separato dagli altri, chiuso in un contenitore contraddistinto da etichetta chiara ed inalterabile, e poi trasportato adottando precauzioni idonee ad evitare l'alterazione delle caratteristiche del materiale, la variazione della granulometria, la segregazione e la perdita di materiale fine.

#### Campionamento da cumuli conici o piramidali

Quando il materiale sia disposto in cumuli costituiti per caduta dall'alto senza particolari accorgimenti, il prelievo dei campioni deve essere eseguito come segue:

- se il materiale si presenta sufficientemente uniforme, con riguardo al colore, alla distribuzione granulometrica, alla composizione o ad altre caratteristiche di immediata evidenza, si preleveranno almeno cinque campioni, ciascuno di massa minima di 50 kg, da parti diverse e a differente quota del cumulo, adottando le accortezze previste dalla Norma UNI EN 932-1 Appendice C (v. Figura 58.1. e Figura 58.2.), avendo cura di ottenere la migliore rappresentatività possibile per i differenti tempi di costituzione del cumulo;
- se nello stesso cumulo il materiale presenta evidenti sensibili disuniformità, sia di colore, sia di granulometria, sia per altri caratteri di immediata evidenza, si devono prelevare distinti campioni in corrispondenza delle notate disuniformità, in numero almeno pari alle zone di diverse caratteristiche e, comunque, non inferiori a sei.



**Figura 58.1** Campionatura da cumuli conici

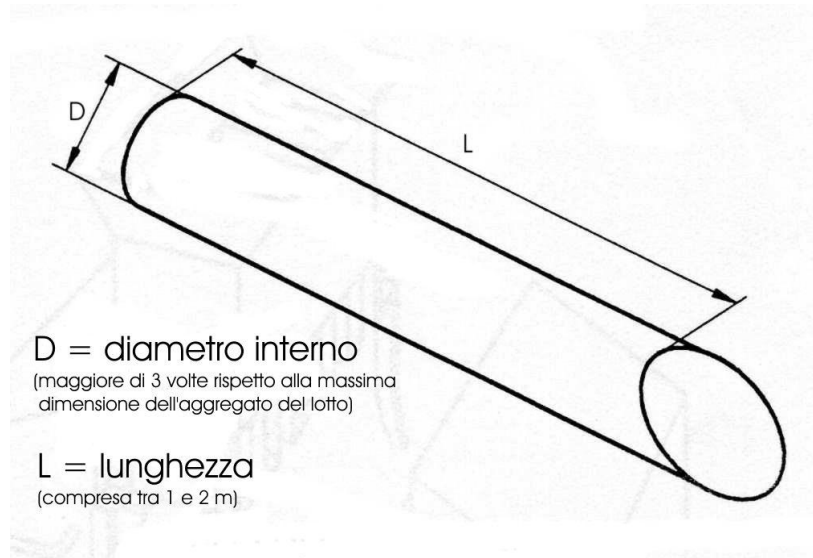


Figura 58.2 – Tubo di campionamento

**Campionamento da cumuli piatti ed estesi**

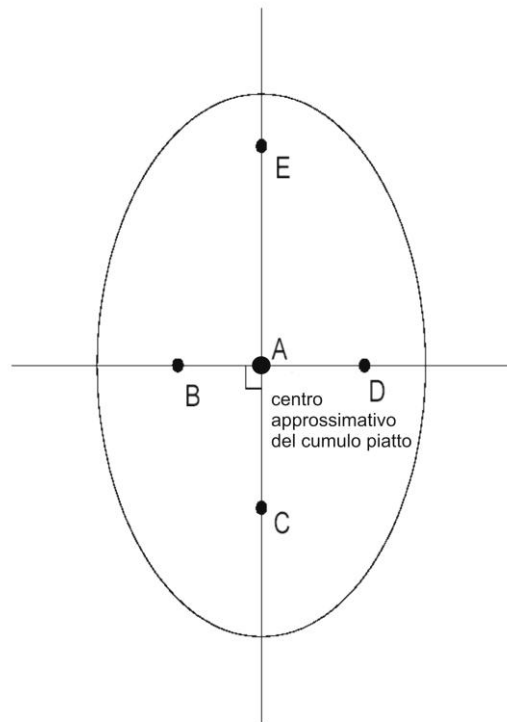
Come già indicato (v. § 58.2.3.2) l'accumulo in strati orizzontali è da preferire in quanto contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali. Il cumulo piatto ed esteso, costituente un singolo lotto, deve avere altezza massima di 3.00 m.

Individuato approssimativamente il baricentro della superficie superiore del lotto da saggiare, si eseguono i prelievi, in numero non inferiore a quello indicato nella Tabella 58-1, in punti opportunamente prescelti su una spirale avente origine nel baricentro (come esemplificato nella Figura 58.3), in modo da evidenziare eventuali disuniformità.

Ciascun campione, del peso minimo di 50 kg, deve essere rappresentativo del materiale presente in tutto lo spessore del cumulo piatto, per altezze del cumulo non superiori a 3 metri. Qualora il cumulo abbia altezze superiori a 3 metri, in ognuno dei punti di prelievo va prelevato un campione ogni 3 metri o frazione.

**Tabella 58-1 - Campionatura da cumuli piatti**

Volume del cumulo piatto (m <sup>3</sup> )	< 500	500 ÷ 1000	1000 ÷ 3000
Numero minimo di campioni	3	4	5



• Punti di prelievo

$r/R_{max}$	Numero di prelievi		
	3	4	5
A 0	X	X	X
AB 0,55		X	X
AC 0,85		X	X
AD 0,72	X		X
AE 0,96	X	X	X

Figura 58.3 -Campionatura da cumuli piatti

#### Campionamento da lotti omogeneizzati in fase di formazione

Se i lotti vengono disposti in cumuli piatti ed estesi ed omogeneizzati in modo automatico durante la loro formazione, il campionamento può essere effettuato progressivamente e contestualmente alla formazione, purché si adottino sistemi automatici atti a garantire la rappresentatività e la non alterabilità del prelievo. In tale caso il campione globale deve essere suddiviso in parti corrispondenti ad afflussi relativi al massimo a 3 metri di cumulo; ciascuna parte va poi ridotta tramite quartatura al peso minimo di circa 50 kg del campione da sottoporre a prova.

In alternativa possono essere eseguiti prelievi dopo aver terminato la formazione del cumulo, secondo la procedura più idonea tra quelle indicate nei precedenti paragrafi.

#### Campionamento dai veicoli impiegati per il trasporto

Qualora si renda necessario eseguire il prelievo dei campioni dai veicoli impiegati per il trasporto del materiale, si procede, per ciascun veicolo, secondo la procedura e con le cautele indicate dalla Norma UNI EN 932-1. I singoli campioni, del peso minimo di circa 50 kg devono essere tenuti separati e sottoposti alle prove separatamente.

#### Riduzione del numero dei prelievi da impianti a prodotto costante

Per un impianto che rispetti tutti i requisiti riportati nel precedente §58.2.3.1, ed in particolare qualora consenta di compensare carenze o eccedenze di frazioni granulometriche, dovute al materiale immesso nel ciclo, mediante la presenza di

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente un assortimento granulometrico costante, è consentita la riduzione del numero dei prelievi ai fini della caratterizzazione della sua produzione.

Dopo aver provveduto alla qualificazione dell'impianto di produzione di inerti riciclati, ai fini del mantenimento degli standard qualitativi dell'impianto stesso, debbono essere effettuati controlli dell'impianto ogni 20000 m<sup>3</sup> di materiale lavorato e, comunque, almeno una volta ogni 6 mesi, da parte di un Laboratorio specializzato.

Il numero di prelievi e di prove potrà essere dimezzato se per un anno di osservazioni e per un volume sottoposto a test di almeno 3000 m<sup>3</sup> al mese per ciascuna delle dichiarate tipologie di impiego, i risultati delle prove di caratterizzazione hanno evidenziato una costanza di risultati conformi alle specifiche.

Qualora l'impianto sia anche dotato di Laboratorio prove interno, i campioni, sempre dopo un anno di positiva e documentata sperimentazione, possono essere preparati in doppia serie a cura del Laboratorio specializzato esterno. La prima serie sarà sottoposta a prove dal Laboratorio interno; della seconda serie il Laboratorio specializzato esterno sottoporrà a prove un campione ogni 10 o frazione.

Tutti i risultati di ciascuna serie di prove eseguite nel Laboratorio interno, completi del Verbale di esecuzione del prelievo, possono essere approvati se, prescelto a caso un campione su 10, i risultati dei due Laboratori non differiscono di più della ripetibilità della singola prova <sup>1</sup>, definita ufficialmente o, in mancanza, determinata nel corso della sperimentazione. In caso di positivo riscontro delle prove nel Laboratorio interno, le medesime avranno piena vigenza per tutto l'anno successivo, mantenendosi la cadenza annuale per i controlli comparativi da parte del Laboratorio esterno specializzato.

#### **58.2.3.4 Accettazione per l'impiego**

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori la documentazione relativa alla qualificazione dei lotti che intende impiegare, completa delle certificazioni relative alle analisi effettuate. I risultati devono essere riportati distintamente per ciascuna prova. Il lotto deve essere infine caratterizzato mediante i valori massimi e minimi ottenuti dalle determinazioni sui relativi campioni (ad esempio valore del coefficiente di abrasione "Los Angeles" secondo la Norma UNI EN 1097-2: 35-42).

La documentazione di qualifica del materiale dovrà essere presentata per ogni lotto che si intende impiegare.

### **58.2.4 CAMPO PROVE PER L'IMPIEGO DEI MATERIALI**

*Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materiali siano del tutto trascurabili (come tali individuati nel Progetto approvato) e salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, gli*

<sup>1</sup> La ripetibilità di una prova è lo scarto ammissibile tra i risultati ottenuti da uno stesso operatore.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

*spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni (grado di addensamento e/o portanza ) prescritte.*

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la costruzione del corpo stradale.

Un prova preliminare di sperimentazione in vera grandezza deve obbligatoriamente essere predisposta quando l'impiego di materiali riciclati supera complessivamente il volume di 10000 m<sup>3</sup>; il campo prova deve essere comunque predisposto, anche per volumi inferiori di inerti da riciclo, quando i materiali disponibili presentino caratteristiche fisiche e comportamentali difforni dai requisiti di seguito riportati per ogni specifico impiego, o quando in progetto siano state indicate tipologie di inerti da riciclo differenti da quelle effettivamente reperibili in zona.

L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato: in questo caso dopo la sperimentazione è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili rispetto alle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento al programma dettagliato dei movimenti di materia e alle modalità delle lavorazioni; in ogni caso, se applicata a materiali diversi deve precedere, per ciascuno di essi, l'inizio del relativo impiego nell'opera. Analogamente la sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

A titolo orientativo, per quanto attiene alle modalità operative che dovranno essere dettagliate nel progetto presentato dall'Impresa per l'approvazione alla Direzione Lavori, si segnala che:

- l'area prescelta per la prova in vera grandezza deve essere perfettamente livellata, compattata e tale da presentare caratteristiche di deformabilità analoghe a quelle dei materiali in esame;
- la larghezza della stesa di prova deve risultare almeno pari a tre volte quella del rullo compattatore;
- i materiali vanno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora si voglia individuare lo spessore ottimale), provvedendo a compattarli con regolarità ed uniformità e simulando, durante tutte le fasi di lavoro, le modalità esecutive che poi saranno adottate nel corso dei lavori;
- per ciascun tipo di materiale e per ogni modalità esecutiva, occorre mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ciascuno di essi vanno eseguite le prove di controllo dopo successive passate (ad esempio, dopo 4, 6, 8, passate).

Il campo prova deve essere controllato mediante la determinazione dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M_d'$  (CNR B.U. n.146/92); le misure debbono essere effettuate per ogni strato almeno in cinque punti appartenenti ad una porzione omogenea del manufatto, con interessamento in senso trasversale dell'intera piattaforma. Debbono essere, inoltre, misurati i valori della massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n. 22/72), del contenuto d'acqua (CNR UNI 10008/63) nella porzione di materiale in



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

vicinanza dei punti di misura del modulo di deformazione, nonché gli spessori degli strati finiti. Nel caso di impiego di inerti da riciclo, o di materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili, dovranno inoltre essere determinate le granulometrie dei campioni di materiale già costipato per un confronto con le granulometrie effettuate sugli stessi materiali prima della compattazione.

Le prove con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. n.146/92) consentiranno la determinazione del rapporto  $M_d'/M_d$  tra i moduli di deformazione rispettivamente al secondo ed al primo ciclo di carico. Il valore di tale rapporto potrà costituire un elemento di giudizio, da parte della Direzione Lavori, circa la qualità del costipamento ottenuto.

Nei cantieri di grande dimensione e in ogni caso in cui i controlli in corso d'opera vengano effettuati impiegando prove rapide e/o ad alto rendimento che consentono la determinazione del modulo elastico dinamico equivalente " $M_{ed}$ ", le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i valori del grado di addensamento (CNR B.U. n.69/78 e CNR B.U. n.22/72) e/o dei moduli di deformazione  $M_d$  e  $M_d'$  (CNR B.U. n.146/92) e quelli dei moduli elastici equivalenti "E".

I risultati delle prove vanno riportati in apposito Verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione dei materiali sperimentati, delle macchine operatrici e sulle modalità di posa in opera.

### **58.2.5 PIANO PARTICOLAREGGIATO DELLE LAVORAZIONI**

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti e per le loro singole parti, l'Impresa deve redigere un piano particolareggiato delle lavorazioni, che contenga:

- la specificazione della provenienza dei diversi materiali di cui si compone il corpo stradale nelle sue varie parti, corredata da un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di scavo e di costipamento;
- le risorse impegnate nelle lavorazioni programmate, (mezzi, mano d'opera, personale e attrezzature del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;
- le modalità di posa in opera di ciascun materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:
  - spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
  - attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare dei compattatori, ad assicurare le prescritte prestazioni;
  - numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti;
  - le prevalenti condizioni di umidità naturale dei materiali impiegati all'atto della posa in opera, in relazione alle quali sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

- le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera: umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;
- la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni: piste provvisorie, raccordi alla viabilità di accesso al cantiere di lavoro, piazzali di deposito provvisorio;
- eventuali integrazioni o modifiche del progetto per apertura, coltivazione e recupero ambientale delle cave di prelievo e dei siti di deposito, opere di sostegno provvisorio degli scavi, di drenaggio e di difesa dalle acque;
- le modalità di recupero ambientale, di ricopertura di realizzazione di opere in verde a protezione dei pendii dalle erosioni superficiali.

Ogni proposta di variazione del piano particolareggiato dei lavori che si rendesse utile o necessaria in corso d'opera deve essere motivatamente presentata al Direttore dei Lavori e da questi tempestivamente esaminata.

La suddetta programmazione è anche condizione indispensabile per la gestione del cantiere in regime di controllo di qualità della prestazione, ai sensi delle Norme UNI EN ISO serie 9000.

### 58.3 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

#### 58.3.1 MATERIALI SCIOLTI NATURALI

**Tabella 58-2 Classificazione dei materiali sciolti naturali**

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 ≤ 35%							Terre limo-argillose Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 > 35%					Torbe e terre organiche palustri
	A1	A3	A2				A4	A5	A6	A7		A8	
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6	-
<b>Analisi granulometrica frazione passante allo staccio:</b>													
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35	-
<b>Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332</b>													
Limite liquido	-	-	-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40	-

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Indice di plasticità	≤ 6	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (IP≤LL-30)	> 10 (IP>LL-30)	-
Indice di gruppo	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20		-

Tali materiali possono derivare sia dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee in quelle zone in cui il progetto prevede lo sviluppo del solido stradale in trincea, sia dall'estrazione da cave di prestito. Si possono utilizzare per la costruzione di corpi stradali in rilevato, per riempimenti, bonifiche ecc. Qualora risultassero quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili, potranno essere destinati al deposito in apposite discariche. I materiali sciolti naturali sono qualificati e classificati secondo quanto riportato nella norma CNR-UNI 10006:2002 "Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre"<sup>2</sup>, sintetizzata nella Tabella 58-2

L'Impresa, per ogni zona di provenienza, è tenuta a qualificare le terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dai risultati di prove di laboratorio: tale indagine dovrà essere eseguita prima d'impiegare tali materiali.

## 58.3.2 MATERIALI RICICLATI

### 58.3.2.1 Categorie di aggregati riciclati

I materiali riciclati sono classificati, secondo quanto riportato nella Norma UNI EN 13285/04, nelle seguenti categorie:

#### Calcestruzzi riciclati

Aggregati costituiti prevalentemente da frammenti di conglomerati cementizi, anche armati, provenienti da demolizioni di opere in cemento armato, dagli scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti anche armati, da traversine ferroviarie e altri manufatti in c.a., aventi la seguente composizione:

Componenti		Percentuale in massa
<i>Principale</i>	Calcestruzzo frantumato (massa volumica >2,1 Mg/m <sup>3</sup> ) e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi)	≥ 90
<i>Altri</i>	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica >1,6 Mg/m <sup>3</sup> )	≤ 10
	Conglomerati bituminosi frantumati	≤ 5
<i>Contaminanti</i>	Materiali terrosi coesivi	≤ 1
	Materiali organici	≤ 0,1

#### Murature riciclate

<sup>2</sup> Al momento della redazione del presente capitolato speciale d'appalto la norma ISO 14688-2, che dovrebbe sostituire la UNI 10006/2002 per la parte relativa ai materiali naturali, non è ancora stata recepita dalla UNI e, pertanto, per questi materiali, ci si riferisce ancora alla UNI 10006/2002.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Aggregati costituiti prevalentemente da elementi in laterizio (mattoni, piastrelle e laterizi in genere) derivanti da demolizioni edilizie di manufatti in muratura, aventi la seguente composizione:

<b>Componenti</b>		<b>Percentuale in massa</b>
<i>Principale</i>	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica $>1,6 \text{ Mg/m}^3$ ), calcestruzzo frantumato e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi)	$\geq 80$
<i>Altri</i>	Materiali granulari con massa volumica $<1,6 \text{ Mg/m}^3$	$\leq 20$
	Conglomerati bituminosi frantumati	$\leq 5$
<i>Contaminanti</i>	Materiali non lapidei e argilla	$\leq 1$
	Materiali organici	$\leq 0,1$

#### Macerie

Aggregati costituiti prevalentemente da miscele dei componenti principali che caratterizzano le categorie di aggregati "calcestruzzi riciclati" e "murature riciclate", aventi la seguente composizione:

<b>Componenti</b>		<b>Percentuale in massa</b>
<i>Principali</i>	Calcestruzzo frantumato (massa volumica $>2,1 \text{ Mg/m}^3$ ) e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi)	$\geq 50$
	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica $>1,6 \text{ Mg/m}^3$ )	$\leq 50$
<i>Altri</i>	Materiali granulari con massa volumica $<1,6 \text{ Mg/m}^3$	$\leq 10$
	Conglomerati bituminosi frantumati	$\leq 5$
<i>Contaminanti</i>	Materiali non lapidei e argilla	$\leq 1$
	Materiali organici	$\leq 0,1$

#### Materiali da demolizioni stradali

Aggregati costituiti prevalentemente da materiali derivanti dalla demolizioni di sottofondi e sovrastrutture stradali, aventi la seguente composizione:

<b>Componenti</b>		<b>Percentuale in massa</b>
<i>Principali</i>	Materiali per pavimentazioni stradali, incluso calcestruzzo frantumato, aggregati non legati e aggregati legati con leganti idraulici frantumati	$\geq 90$
	Conglomerati bituminosi frantumati	$\leq 30$
<i>Contaminanti</i>	Materiali non lapidei e argilla	$\leq 1$
	Materiali organici	$\leq 0,1$

#### Cenere residua di inceneritore

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Aggregati costituiti prevalentemente materiale granulare a componenti minerali, aventi la seguente composizione:

<b>Componenti</b>		<b>Percentuale in massa</b>
<i>Principale</i>	Materiale granulare con base minerale, inclusi vetro, ceramica, scorie d'altoforno, ecc.	≥ 90
<i>Altri</i>	Ferro e altri metalli	≤ 5
<i>Contaminanti</i>	Materiale non incenerito	≤ 6
	Materiali organici	≤ 5
	Cenere volante di inceneritore	Assente

*L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei, allo scopo di evitare disuniformità di comportamento dopo la messa in opera (§58.2.3.2).*

#### **58.3.2.2 Composizione delle miscele**

La composizione delle miscele contenenti aggregati riciclati deve essere determinata mediante separazione visiva, utilizzando le modalità sperimentali riportate in Appendice A della Norma UNI EN 13285 e deve essere conforme, per ciascuna delle categorie di cui sopra, alla relativa composizione.

I materiali C&D da utilizzare nelle opere previste nel presente Capitolato potranno essere ottenuti impiegando o materiali appartenenti ad una sola delle categorie di cui sopra oppure miscelando in opportune proporzioni materiali appartenenti a categorie diverse con eventuali integrazioni di materiale naturale, nel rispetto dei limiti di composizione di seguito indicati per le varie categorie di lavoro.

#### **58.3.2.3 Requisiti chimici**

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. del D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802/2002).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere ≤ 1 %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere ≤ 0,5 %. Si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, materiali con un contenuto di solfati e solfuri maggiore del limite suddetto purché vengano rispettati i limiti previsti dal citato D.M. del 05/02/98.

### **58.4 ESECUZIONE DEI LAVORI**

#### **58.4.1 SCAVI E DEMOLIZIONI PER LA FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE EX NOVO**

Si esaminano in questo paragrafo le lavorazioni per lo smacchiamento generale dei siti d'impianto del corpo stradale, per lo scoticamento, per lo sbancamento e lo scavo a sezione ristretta, con o senza la presenza di falda freatica, per la demolizione di opere

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

murarie e la scomposizione di strati rocciosi.

Gli scavi occorrenti per la formazione del corpo stradale (compresi quelli per la sistemazione del piano di posa dei rilevati e per far luogo alla pavimentazione ed alla bonifica del sottofondo stradale in trincea), nonché quelli per la formazione di cunette, fossati, passaggi, rampe e simili, sono eseguiti secondo le forme e le dimensioni riportate negli elaborati grafici di progetto ed in conformità a quanto eventualmente ordinato per iscritto dalla Direzione dei Lavori.

L'Impresa è tenuta ad adottare ogni cautela ed esattezza nel sagomare i fossi, nel configurare le scarpate ed i piani di fondazione e nel profilare i cigli della strada.

L'Appaltatore è tenuto a consegnare le trincee alle quote e secondo i piani prescritti, con scarpate ben spianate e regolari, con cigli ben tracciati e profilati; lo stesso deve procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, rimanendo obbligato, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, alle necessarie riprese e sistemazioni delle scarpate, nonché allo spurgo dei fossi e delle cunette.

Prima dell'esecuzione delle trincee e dei rilevati, l'Impresa deve provvedere tempestivamente all'apertura di fossi anche provvisori, di eventuali canali fuggatori e di quanto altro occorra per assicurare il regolare smaltimento e deflusso delle acque, nonché gli esaurimenti delle stesse, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Impresa deve provvedervi a sua cura e spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti; in ogni caso resta a suo carico il risarcimento per i danni, dovuti a negligenze o errori, subiti da persone e cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è altresì a carico dell'Impresa procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo. Nulla è dovuto per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni geotecniche e statiche lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti e le dimensioni assegnati in progetto, l'Impresa deve ripristinare le previste geometrie, utilizzando materiali idonei.

#### **58.4.1.1 Smacchiamento**

Nell'ambito dei movimenti di terra l'Impresa deve procedere, preliminarmente, al taglio degli alberi, degli arbusti e dei cespugli, nonché all'estirpazione delle ceppaie e delle radici.

I prodotti dello smacchiamento, salvo diversa indicazione specificamente prevista, sono lasciati a disposizione dell'Imprenditore che ha l'obbligo e la responsabilità del loro trasporto, a qualsiasi distanza, in siti appositamente attrezzati per l'incenerimento (osservando le prescritte misure di sicurezza) ovvero in discariche abilitate alla loro ricezione.

#### **58.4.1.2 Scotricamento**

Prima di dar luogo agli scavi l'Impresa deve procedere all'asportazione della coltre di

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

terreno vegetale ricadente nell'area di impronta del solido stradale per lo spessore previsto in progetto o, motivatamente ordinato per iscritto in difformità di questo, all'atto esecutivo, dalla Direzione Lavori. Nei tratti di trincea l'asportazione della terra vegetale deve essere totale, allo scopo di evitare ogni contaminazione del materiale successivamente estratto, se questo deve essere utilizzato per la formazione dei rilevati. Parimenti, l'impresa deve prendere ogni precauzione per evitare la contaminazione con materiale inerte della terra vegetale da utilizzare per le opere a verde, procedendo, nel caso della gradonatura del piano di posa dei rilevati, per fasi successive, come indicato nell'articolo relativo a questa lavorazione.

L'Appaltatore risponde di eventuali trascuratezze nelle suddette lavorazioni che incidano sul piano di movimento di materie assentite: provvede, quindi, a sua cura e spese al deposito in discarica del materiale contaminato ed alla fornitura dei volumi idonei sostitutivi.

La terra vegetale che non venga utilizzata immediatamente deve essere trasportata in idonei luoghi di deposito provvisorio, in vista della sua riutilizzazione per il rivestimento delle scarpate, per la formazione di arginelli e per altre opere di sistemazione a verde (spartitraffico centrale e laterale, isole divisionali, ricoprimento superficiale di cave e discariche, ecc.).

I depositi provvisori di terra vegetale vanno sistemati come descritto nell'articolo 1.2.1.

Le terre ad alto contenuto organico in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate, devono essere portate immediatamente a rifiuto, onde scongiurare ogni rischio di inquinamento dei materiali destinati alla formazione del corpo del rilevato.

L'asportazione della terra vegetale deve avvenire subito prima dell'esecuzione dei movimenti di terra nel tratto interessato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati, sia per i tratti in rilevato (per evitare rammollimenti e perdite di portanza dei terreni costituenti il piano di posa), sia per i tratti in trincea.

#### **58.4.1.3 Scavi di sbancamento**

Sono denominati di sbancamento gli scavi occorrenti per:

- l'apertura della sede stradale, dei piazzali e delle pertinenze in trincea secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che può dare la Direzione Lavori in sede esecutiva;
- la formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione ed all'eventuale bonifica del sottofondo stradale in trincea;
- la bonifica del piano di posa dei rilevati, ivi compresa la formazione delle gradonature previste in progetto, nel caso di terreni con pendenza generalmente superiore al 15%;
- lo splateamento del terreno per far luogo alla formazione di piani di appoggio, platee di fondazione, vespai, orlature e sottofasce;
- la formazione di rampe incassate, cunette di piattaforma;
- gli allargamenti di trincee, anche per l'inserimento di opere di sostegno, ed i tagli delle scarpate di rilevati esistenti per l'ammorsamento di parti aggiuntive del corpo stradale;
- l'impianto delle opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, muri di sostegno, ecc.) per la parte ricadente al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o di quello degli splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato, considerandosi come terreno naturale anche l'alveo dei torrenti o dei fiumi.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Inoltre, sono considerati scavi di sbancamento anche tutti i tagli a larga sezione agevolmente accessibili, mediante rampa, sia ai mezzi di scavo, sia a quelli di trasporto delle materie, a pieno carico.

In presenza di terreni sensibili all'acqua e ove si adottino procedimenti di estrazione a strati suborizzontali, le superfici di lavoro devono presentare sufficiente pendenza verso l'esterno (generalmente non inferiore al 6%) su tutta la loro larghezza. Ciò, fino a quando non sarà raggiunto il piano di sbancamento definitivo (piano di posa della pavimentazione o piano di imposta della sottofondazione di trincea).

Quest'ultimo deve risultare perfettamente regolare, privo di avvallamenti e ben spianato secondo le pendenze previste nei disegni e nelle sezioni trasversali di progetto. Generalmente, dette pendenze debbono risultare non inferiori al 4%, per permettere un allontanamento delle acque sufficientemente rapido.

I piani di sbancamento debbono essere rullati alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente, in caso di minaccia di pioggia.

#### **58.4.1.4 Scavi a sezione ristretta**

Per scavi a sezione ristretta si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo. Questo piano è fissato (da progetto o, in difformità, su motivato parere della Direzione Lavori) per l'intera area o per più parti in cui questa può essere suddivisa, in relazione all'accidentalità del terreno ed alle quote dei piani finiti di fondazione.

Qualunque sia la loro natura, detti scavi debbono essere spinti, su motivato ordine scritto della Direzione Lavori, a profondità maggiori di quanto previsto in progetto, fino al rinvenimento del terreno dalla capacità portante ritenuta idonea. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento (a misura) del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

Il fondo degli scavi deve risultare perfettamente piano o disposto a gradoni, secondo i profili di progetto o secondo quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

In ogni caso, devono essere presi provvedimenti per evitare ristagni d'acqua sull'impronta delle fondazioni delle opere d'arte, come pure convogliamenti ed immissioni di acque superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti.

Le pareti degli scavi, come già detto, sono di norma verticali o subverticali; l'Impresa, occorrendo, deve sostenerle con idonee armature e sbatacchiature, rimanendo responsabile per ogni danno a persone e cose che possa verificarsi per smottamenti delle pareti e franamenti dei cavi.

Ove ragioni speciali non lo vietino, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti a scarpa, con pendenza minore di quella prevista nei disegni di progetto; in tal caso, nulla è dovuto per i maggiori volumi di scavo e riempimento eseguiti di conseguenza.

L'Impresa deve provvedere al riempimento dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed ai getti, fino alla quota prevista, con materiale idoneo adeguatamente costipato con mezzi che non arrechino danno alle strutture realizzate.

Per gli scavi di fondazione si applicano le norme previste dal D.M. 11/3/1988 e ss. mm.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa deve provvedere,



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare e regolamentare il deflusso delle acque scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare il loro riversamento negli scavi aperti.

L'Impresa deve eliminare ogni impedimento e ogni causa di rigurgito che si opponesse al regolare deflusso delle acque, ricorrendo eventualmente all'apertura di canali fugatori.

#### **58.4.1.5 Scavi subacquei**

Gli scavi a sezione ristretta sono considerati subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Sono eseguiti con mezzi idonei all'operatività sotto battente d'acqua ovvero previo sollevamento meccanico e smaltimento delle portate.

L'allontanamento dell'acqua deve essere eseguito con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo; tali mezzi debbono essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

#### **58.4.1.6 Demolizioni**

L'Impresa è tenuta a demolire murature e fabbricati ricadenti nelle aree d'impronta del solido stradale con i mezzi che ritiene più opportuni, incluso l'impiego di esplosivi nel rispetto delle Norme vigenti. Nei tratti in trincea la demolizione delle opere murarie deve essere spinta fino ad un metro al di sotto del piano di posa della pavimentazione stradale; nei tratti in rilevato fino a raso campagna o del profilo naturale del terreno.

In ogni caso, prima di procedere alla demolizione di fabbricati, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori.

I materiali provenienti dalle demolizioni sono portati a rifiuto solo se ciò è previsto in progetto, ovvero se ritenuti non idonei all'impiego da parte della Direzione Lavori. In caso di idoneità sono conferiti agli impianti di trattamento.

Nel caso che i materiali di scavo siano destinati al reimpiego, essi devono essere trasportati direttamente in opera o in aree di deposito; in questo caso devono essere custoditi opportunamente, eventualmente trattati per correggerne la granulometria, in relazione alla destinazione prevista, successivamente ripresi e trasportati nelle zone di impiego.

#### **58.4.1.7 Scavi in roccia**

Gli scavi in roccia di qualsiasi natura e consistenza, comunque fessurata o stratificata, e le demolizioni dei manufatti sono eseguiti con i mezzi che l'Appaltatore ritiene più convenienti, ivi compreso l'uso di mine.

Nell'impiego di esplosivo l'Impresa deve curare che la scarpata risultante non presenti fratture né dislocazioni di masse: qualora si accertasse la presenza di tali indesiderati fenomeni, prodotti dalla tecnica di scavo, l'Impresa deve provvedere a sue spese a disaggi, sarciture e/o bloccaggi, secondo un programma concordato con la Direzione Lavori.

Lo sparo di mine effettuato in vicinanza di strade, di ferrovie, di luoghi abitati, di impianti a rete di ogni genere, deve essere attuato con opportune cautele, in modo da

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

evitare, sia la proiezione a distanza del materiale ed il danneggiamento delle proprietà limitrofe, sia effetti vibrazionali nocivi, che debbono essere tenuti sotto controllo mediante monitoraggio.

#### **58.4.1.8 Reimpiego dei materiali di scavo**

Nel reimpiego dei materiali provenienti dagli scavi l'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni particolari per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, come piano dettagliato delle lavorazioni.

L'Appaltatore deve eseguire le operazioni di scavo, trasporto e posa in opera con mezzi adeguati e con sufficiente manodopera, coordinando la successione delle fasi e l'esecuzione delle varie categorie di lavoro. Lo stesso rimane libero di adottare macchine ed impianti ritenuti di sua convenienza, purché rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per la buona riuscita dei lavori.

### **58.4.2 DEMOLIZIONE DELLE SOVRASTRUTTURE ESISTENTI**

#### **58.4.2.1 Demolizione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzata con frese**

La demolizione della parte della sovrastruttura esistente legata a bitume, per l'intero spessore o parte di esso, deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico di materiale fresato; potranno essere impiegate fresatrici a sistema misto (con preriscaldamento leggero), purché non compromettano il legante esistente nella pavimentazione da demolire e non producano emissioni inquinanti.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Committente; devono inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di fresatura risulti (secondo un insindacabile giudizio della D.L.) idoneo per il riutilizzo. La superficie dello strato restante in opera dopo la fresatura (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati, polveri o altri materiali, che possono compromettere l'aderenza dei nuovi strati da porre in opera.

L'Impresa si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti in progetto o dalla D.L.. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di fresatura; senza questo parere le fresature verranno compensate con i centimetri di spessore indicati in progetto o negli ordinativi di lavoro; in ogni caso il rilievo dei nuovi spessori deve essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della demolizione deve essere mantenuto costante in tutti i punti e deve essere valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali più quella della parte centrale dello strato fresato.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla D.L. munite di spazzole e dispositivi aspiranti,

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

in grado di dare un piano perfettamente pulito e depolverizzato.

Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 15 cm, potrà essere fatta con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 15 cm si devono fare due passaggi, di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm di base per lato. Le pareti dei giunti longitudinali devono essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature.

Prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, la superficie risultante dalla fresatura e le pareti del cavo devono essere perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano d'attacco di legante bituminoso prevista in progetto o indicata dalla D.L..

#### **58.4.2.2 Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali**

La demolizione dell'intera sovrastruttura legata a bitume può anche essere eseguita con impiego d'attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio. Le pareti laterali dello scavo devono essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire devono essere riparati a cura e spese dell'Impresa. L'Impresa è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita se su di esso vanno ricostruiti strati legati.

#### **58.4.2.3 Reimpiego dei conglomerati bituminosi riciclati**

I conglomerati bituminosi riciclati dalle pavimentazioni, per brevità chiamati nel seguito "fresati" sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo o a caldo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti, sottoposte a successiva frantumazione. Essi possono essere utilizzati o nei conglomerati bituminosi, con o senza altri materiali vergini oppure per la costruzione di rilevati seguendo le specifiche del caso riportate per i materiali riciclati. L'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori.

Se il fresato non è utilizzato in cantiere per il confezionamento in sito di conglomerati bituminosi, esso deve essere "messo in riserva" e il suo impiego definitivo deve rispondere a quanto prescritto dal decreto legislativo del 5 febbraio 1998. In particolare, la messa in riserva e l'impiego di fresato per gli usi sopra descritti, al di fuori dei conglomerati bituminosi, è subordinato all'esecuzione del "test di cessione" sul rifiuto eseguito sul materiale tal quale, secondo il metodo riportato in allegato n° 3 al Decreto Ministeriale del Ministero dell'Ambiente del 5 febbraio 1998. I materiali risultanti positivi o vengono inertizzati prima dell'uso (per lavaggio o per rivestimento con calce) o devono essere inviati a discarica autorizzata.

Il fresato posto in riserva deve essere accuratamente stoccato in cumuli separati dagli altri inerti. La durata della messa a riserva provvisoria non deve mai superare un anno, ed il suo utilizzo al di fuori dei conglomerati bituminosi deve essere accompagnato da un progetto da presentare con la richiesta di sistemazione definitiva.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### 58.4.3 PIANO DI POSA DEI RILEVATI

#### 58.4.3.1 Preparazione del terreno di sedime

L'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale immediatamente prima della costruzione del rilevato, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

Qualora i rilevati debbano poggiare su declivi con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità del progetto, il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, una volta ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si debba procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa dei rilevati con superfici di appoggio eventualmente in leggera pendenza. Per garantire la continuità spaziale delle gradonature si deve curare che le alzate verticali si corrispondano e che mantengano costante la loro distanza dall'asse stradale. Inoltre, esse devono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine utilizzate per lo scavo.

Là dove siano presenti allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale verrà steso il nuovo materiale, deve essere ritagliato a gradoni orizzontali, avendo cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di alzata non superiore a 50 cm) la stesa ed il costipamento del corrispondente strato di ampliamento di pari altezza.

Prima di eseguire l'operazione di gradonatura si deve rimuovere lo strato di terreno vegetale; inoltre tale operazione deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, al fine di evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La Direzione dei lavori, previa ispezione e controllo, potrà approvare la regolarità del piano di posa dei rilevati, oppure, nell'ambito della discrezionalità consentita, potrà richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

#### 58.4.3.2 Terreni cedevoli

Qualora siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati superiori a 15 cm, l'Impresa deve prevedere nel piano dettagliato un programma per il loro controllo ed il monitoraggio della loro evoluzione nel tempo. La posa in opera delle apparecchiature necessarie (piastre assestometriche) e le misurazioni dei cedimenti sono eseguite a cura dell'Impresa, secondo le indicazioni della Direzione dei lavori.

La costruzione del rilevato deve essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo ancora da scontare, al termine della sua costruzione, risulti inferiore al 10% del cedimento totale stimato e comunque minore di 5 cm.

L'Impresa è tenuta a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento delle quote di progetto, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, senza per ciò chiedere compensi aggiuntivi.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

#### **58.4.3.3 Requisiti di portanza**

Se non sono presenti diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione  $M_d$ , determinato sul piano di posa del rilevato (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra  $0,05 \div 0,15 \text{ N/mm}^2$ , deve risultare non inferiore a:

- $15 \text{ N/mm}^2$  (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2,00 m;
- $20 \text{ N/mm}^2$ , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;
- $30 \text{ N/mm}^2$ , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della sovrastruttura è compresa tra 0,50 e 1,00 m
- per distanze inferiori a 0,50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi di cui al paragrafo 58.4.8.

Le caratteristiche di portanza del piano di posa del rilevato devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione Lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del terreno di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni  $5000 \text{ m}^2$  con un numero minimo di almeno tre prove. La determinazione del modulo di deformazione per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.), viene effettuata in condizioni sature.

#### **58.4.3.4 Bonifiche**

Se la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono di raggiungere, con il solo costipamento, i valori di portanza richiesti al precedente paragrafo, può essere introdotto, nel programma dettagliato delle lavorazioni, l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con idonei materiali di apporto. In alternativa, si può adottare un adeguato trattamento di stabilizzazione (paragrafo 58.4.6). L'opportunità di realizzare questo tipo di lavorazione sarà valutata sulla base di un'analisi geotecnica del problema, che ne dimostri la necessità. Qualora si rendesse necessaria la realizzazione di tale strato è indispensabile definire, sempre mediante una analisi geotecnica, le caratteristiche dimensionali dell'intervento (spessore ed estensione). L'idoneità dei materiali da impiegare per la realizzazione di strati di bonifica dei piani di appoggio dei rilevati sarà valutata sulla base dei requisiti richiesti ai materiali da impiegare nella formazione del corpo dei rilevati (riportati nel paragrafo 1.4.5.1) nel caso in cui gli strati di bonifica si trovino a distanza superiore a 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione. Se gli strati di bonifica si trovano a distanza inferiore ad 1,00 m dal piano di posa della sovrastruttura, i materiali dovranno essere conformi a quanto previsto nel paragrafo 1.4.8.1 per i sottofondi. I requisiti di portanza sono quelli riportati nel precedente paragrafo 1.4.3.3.

#### **58.4.4 STRATI ANTICAPILLARI**

Si definiscono strati anticapillari quegli strati di rilevato costituiti da materiali granulari

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

ad alta permeabilità eventualmente protetti da geotessili con funzione anticontaminante.

#### **58.4.4.1 Strati in materiale granulare**

Gli strati anticapillari in materiale granulare, con spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, possono essere costituiti da terre granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaino) o da materiali frantumati o riciclati con granulometria compresa tra 2 e 50 mm, con passante allo staccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante allo staccio 0,063 mm non superiore al 3%.

Nel materiale devono essere del tutto assenti componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e resti vegetali.

Salvo maggiori e più restrittive verifiche, il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno una prova ogni 1000 m<sup>3</sup> di materiale posto in opera, con un numero minimo di tre prove. Non sono ammessi scostamenti dei valori dei passanti ai setacci rispetto a quelli previsti.

#### **58.4.4.2 Geotessili**

Sul piano di appoggio del rilevato, in associazione allo strato granulare anticapillare, può essere posto uno strato di geotessile.

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotrope, ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura, salvo che per processi di finitura del prodotto. I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

Essi devono presentare superficie scabra, devono essere imputrescibili, atossici, resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore), ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Devono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. La Tabella 58-3 riporta i requisiti minimi cui deve rispondere il materiale, il cui peso è previsto in progetto per l'impiego specifico.

Il campionamento deve essere eseguito, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la UNI 8279 – 1:1985 + A1:1991.

I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere effettuate presso laboratori di fiducia dell'Amministrazione, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, successivamente su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

**Tabella 58-3 Requisiti del geotessile**

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
-----------	-----------	-----------------	--------

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Peso	EN 965	g/m <sup>2</sup>	Secondo Progetto
Resistenza a trazione	EN ISO10319	kN/m	≥ 20
Allungamento		%	≤ 30
Punzonamento (CBR)	EN ISO 12236	kN	≥ 3
Permeabilità radiale all'acqua	EN ISO 11058	mm/s	≥ 0,8
Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile.	EN ISO 12956	µm	< 100

Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

Il piano di stesa del geotessile deve risultare perfettamente regolare, la giunzione dei teli deve essere realizzata mediante sovrapposizione per almeno 30 cm, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale.

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

## 58.4.5 CORPO DEL RILEVATO

### 58.4.5.1 Materiali costituenti

#### Materiali sciolti naturali

Per la formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi devono essere utilizzati, nel piano particolareggiato delle lavorazioni di cui al punto 58.2.5, in ordine di priorità, i materiali sciolti appartenenti ai gruppi A<sub>1</sub>, A<sub>2-4</sub>, A<sub>2-5</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>2-6</sub> ed A<sub>2-7</sub>.

Con le dovute cautele specificate nel seguito, si dovrà valutare se adoperare le terre appartenenti ai gruppi A<sub>4</sub>, A<sub>5</sub>, A<sub>6</sub>, se prevederne un trattamento o se portarle a rifiuto.

Se a causa dell'umidità delle terre scavate non si riesce a conseguire il costipamento necessario a raggiungere l'addensamento e la portanza richiesti dalle presenti norme tecniche, l'Impresa è tenuta a mettere in atto i provvedimenti correttivi per modificare in senso conveniente il contenuto d'acqua naturale e/o, a seconda dei casi, a migliorarle mediante stabilizzazione. I materiali impiegati devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo, qualunque sia il proprio gruppo di appartenenza. Le terre che presentano un contenuto di sostanza organica di origine vegetale minore del 5% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### Materiali riciclati

*Per il presente articolo e per tutte le lavorazioni con materiali riciclati, per tutto quanto non esposto nel presente Capitolato, si farà riferimento al Capitolato Speciale di Appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione della Regione Toscana (approvato con D.G.R.T. n. 337 del 15/05/2006).*

Le miscele di materiali riciclati provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, devono rispettare i requisiti indicati nella

**Tabella 58-4** nel caso di aggregati da costruzione e demolizione, ovvero nella Tabella 58-5 se si tratta di inerti provenienti prevalentemente da scarti di attività industriali. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre, per ogni lotto di materiale, la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato.

**Tabella 58-4 – Aggregati da costruzione e demolizione per il corpo dei rilevati**

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Calcestruzzo, mattoni e laterizi, intonaci materiali litici, malte, ceramica	UNI EN 13285 Appendice A	> 70% in massa
Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 25% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,3% in massa
Altri materiali (metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.)	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,6% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	≤ 6%
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	> 85% in massa
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 25% in massa
Dimensione massima D <sub>max</sub>	Misura diretta	140 mm
Trattenuto setaccio 63 mm	Frantumazione	Assenza di vuoti interni

**Tabella 58-5 - Scarti industriali per il corpo dei rilevati**

Parametro	Modalità di prova	Limiti
-----------	-------------------	--------



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	> 70% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 20% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 1% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	≤ 4%
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	> 85% in massa
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 25% in massa
Dimensione massima D <sub>max</sub>	UNI EN 933-1	140 mm

#### **58.4.5.2 Posa in opera**

Il materiale deve essere steso con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte ad evitare segregazione e brusche variazioni sia granulometriche che del contenuto d'acqua.

Al fine di evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi in seguito riportato dai mezzi di stesa.

I materiali costituenti i differenti strati del rilevato devono presentare una granulometria il più omogenea possibile. Si deve evitare, in particolare, di porre in contatto strati di materiale a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), con strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possono penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato. In ogni caso, il materiale non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 140 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati al sito o all'impianto di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato, riportate nel piano particolareggiato delle lavorazioni di cui al punto 1.2.5. Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore; salvo diverse indicazioni che possono provenire dalla sperimentazione su campo prova, lo spessore finito dello strato, costipato mediante rullatura, non dovrà essere superiore a 30 cm. Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima degli elementi lapidei presenti nel materiale impiegato ( $s \geq 2D_{max}$ ).

La superficie degli strati, a compattazione avvenuta, deve avere una pendenza trasversale pari a circa il 4% e, comunque, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche e deve essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

deve essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo livellatrici o macchine equivalenti.

L'utilizzo di materiali da riciclo per la realizzazione del corpo dei rilevati è consentito purché interessi tutta l'impronta del rilevato stesso. Non sono ammesse alternanze di strati di materiali da riciclo e di terre, anche se appartenenti ad uno dei gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 della classificazione di cui alla Norma UNI 10006/2002. Il rilevato, quindi, deve essere costituito al massimo da due fasce di materiale differenti (riciclato e non) in senso verticale; in senso orizzontale, invece, deve essere comunque garantita l'omogeneità dei materiali utilizzati.

Il piano particolareggiato delle lavorazioni indicherà i siti di impiego dei materiali riciclati confinandoli preferibilmente tra opere quali tombini, attraversamenti, opere d'arte ecc., onde evitare che, al contatto con materiali di caratteristiche differenti, si formino giunti o superficie di discontinuità. Potrà altresì prevedere la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando gli inerti da riciclo esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando terre tradizionali (appartenenti ad uno dei gruppi prima citati) per le fasce laterali. In tal caso i terreni di contronucleo vanno posti in strati di spessore pari a quelli realizzati con le materie da riciclo.

#### **58.4.5.3 Compattazione**

L'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di massa volumica, di portanza e prestazionali richiesti per gli strati finiti, nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori. Per il migliore rendimento energetico dei mezzi di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea (rulli lisci statici, rulli lisci vibranti, rulli gommati, rulli a piedi costipanti) ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHTO Mod. (CNR B.U. n.69/78). L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata, per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare, secondo le modalità previste nel piano particolareggiato delle lavorazioni di cui al punto 58.2.5.

Quando, in relazione all'entità ed alla plasticità della frazione fine, l'umidità supera del 15-20% il valore ottimale, l'Impresa deve mettere in atto i provvedimenti necessari a ridurla (favorendo l'evapotraspirazione) per evitare rischi di instabilità meccanica e cadute di portanza che possono generarsi negli strati a seguito di compattazione ad elevata energia di materiali a gradi di saturazione elevati (generalmente maggiori del 85-90%, secondo il tenore in fine e la plasticità del terreno). In condizioni climatiche sfavorevoli è indispensabile desistere dall'utilizzo immediato di tali materiali.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi devono rispettare le condizioni stabilite nel suddetto programma. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Una volta realizzata l'opera, le scarpate devono essere riprofilate, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto, al fine di garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato.

I controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di massa volumica e di portanza, devono soddisfare i requisiti indicati nel successivo punto 58.5, salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto. Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

#### **58.4.5.4 Protezione**

La sistematica e tempestiva protezione delle scarpate deve essere garantita mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore che andrà sistemato a strisce orizzontali e sarà opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammorsatura si devono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

Si dovrà ripetere la semina fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

L'Impresa dovrà provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese, qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta. Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Impresa è tenuta ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Per tale scopo, le superfici, ben livellate e compattate, devono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Qualora nei rilevati si dovessero verificare dei cedimenti differenziali dovuti a carenze costruttive, l'Impresa è obbligata ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di rilevato già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre, lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati. E' prudente, in questo caso, ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

#### **58.4.6 STABILIZZAZIONE DELLE TERRE CON CALCE O CON CALCE E CEMENTO**

Il processo di stabilizzazione consiste nel miscelare intimamente le terre argillose con calce di apporto, in quantità tale da modificarne le caratteristiche fisico-chimiche (granulometria, suscettività all'acqua, umidità) e meccaniche, così da renderle idonee per la formazione di strati che dopo il costipamento presentino adeguata resistenza

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

meccanica e stabilità all'azione dell'acqua ed eventualmente del gelo.

#### **58.4.6.1 Caratteristiche delle terre da stabilizzare**

La stabilizzazione si esegue sulle terre che presentano le seguenti caratteristiche:

Granulometria: la terra da stabilizzare può presentare qualsiasi granulometria, a condizione che si dimostri l'idoneità del processo di stabilizzazione attraverso uno studio delle miscele in laboratorio ed eventualmente in campo prova.

Indice di plasticità: tale parametro, determinato secondo la norma CNR-UNI 10014:1964, deve risultare compreso tra 10 e 35. E' ammesso un valore minore della plasticità (ma in nessun caso inferiore a 5) a condizione che si dimostri l'idoneità del processo di stabilizzazione attraverso uno studio preliminare di laboratorio.

Contenuto di sostanze organiche: il tenore in materie organiche del terreno, determinato mediante ossidazione con bicromato di potassio (AFNOR NF 94-055), deve essere inferiore al 2% in massa. Questo limite può essere superato, fino al valore del 4% in caso di trattamento dei terreni in situ per la sistemazione del piano di posa dei rilevati, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza richiesti.

Contenuto di solfati: il contenuto totale di sali di zolfo (solfati e solfuri), determinato secondo la norma UNI 8520 parte 11, deve essere inferiore allo 0.25%; si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, terre con un contenuto di solfati compreso tra 0.25% e 1%, mentre in nessun caso, possono essere ritenuti idonei per la stabilizzazione con calce terre con un contenuto di solfati totali superiore all'1%.

Determinazione del consumo iniziale di calce: il consumo immediato di calce, ovvero la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce in relazione alla capacità di scambio cationico dei materiali argillosi, determinato secondo la norma ASTM C977-92, deve essere maggiore dell'2.5%.

Contenuto di nitrati: il contenuto di nitrati deve risultare inferiore allo 0.1%

Valore di blu di metilene (VB): per essere accettabile una terra deve presentare un valore di blu VB >200 cm<sup>3</sup>, determinato in conformità alla norma UNI EN 933-9.

Il terreno, comunque, deve presentarsi privo di humus e radici, nonché libero da corpi estranei ed elementi lapidei di grossa pezzatura.

#### **58.4.6.2 Leganti**

##### Calce

I tipi di calce da impiegare sono:

- calce aerea idrata in polvere, sfusa o in sacchi <sup>3</sup>;
- calce aerea viva macinata sfusa, o in sacchi <sup>3</sup>.

Nei casi in cui i valori di umidità siano sensibilmente più elevati di quelli ottimali per il costipamento, è preferibile utilizzare la calce viva macinata, grazie al suo effetto essiccante. Entrambi i tipi di calce devono rispondere ai requisiti di accettazione indicati

<sup>3</sup> L'impiego di calce idrata e/o viva confezionata in sacchi, è tollerato solo eccezionalmente per piccoli cantieri, dove l'intervento complessivo di trattamento interessi una superficie inferiore a 2.000 m<sup>2</sup> o un volume di terra da trattare inferiore a 1000 m<sup>3</sup>.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

nel R.D. 2231/39; essi, inoltre, devono avere le caratteristiche chimiche (UNI-EN 459-2/96) e le caratteristiche granulometriche riassunte nella Tabella 58-6.

#### Cemento

Nel caso di stabilizzazione mista con calce e cemento possono impiegarsi cementi Portland o pozzolanici del tipo 32.5.

#### Acqua

L'eventuale acqua di apporto deve risultare priva di impurità e di materie organiche.

**Tabella 58-6 – Caratteristiche chimiche e granulometriche della calce**

Requisito	calce viva	calce idrata
CO <sub>2</sub>	≤ 5%	-
Titolo in ossidi liberi (CaO + MgO)*	≥ 84%	-
Tenore in MgO	≤ 10%	≤ 8%
Titolo in idrati totali	-	> 85%
SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + S <sub>03</sub>	≤ 5%	≤ 5%
Umidità	-	≤ 2%
Acqua legata chimicamente	≤ 2%	-
Reattività all'acqua	> 60° entro 25'	-
Passante allo staccio 2 mm	100%	100%
Passante allo staccio 0.2 mm	≥ 90%	-
Passante allo staccio 0.075mm	≥ 50%	≥ 90%
* La determinazione del titolo in ossidi liberi espresso come CaO deve essere effettuata secondo la formula $(100 - I - 2.27 * CO_2 - X)$ dove: I è la percentuale di impurezze (SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + S <sub>03</sub> ), X è la percentuale di acqua legata chimicamente.		

#### **58.4.6.3 Progetto delle miscele**

Nell'ambito del piano particolareggiato delle lavorazioni, è compito dell'Impresa,:

- produrre uno studio di verifica delle miscele che tenga conto delle condizioni operative di cantiere e dei leganti effettivamente adottati;
- realizzare, per ogni famiglia di terreno che si intende trattare e per ciascun dosaggio una sperimentazione di campo, per verificare l'idoneità dei mezzi di spandimento, di miscelazione e di costipamento.

Una volta accettati dalla Direzione dei Lavori i mezzi e le modalità di lavorazione, i risultati acquisiti in campo prova sono utilizzati come riferimento per i controlli di esecuzione e, in particolare, per il controllo del costipamento e del dosaggio in calce, mediante ph-metria.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Il progetto delle miscele comprende prove di carattere generale riguardanti l'identificazione dei terreni e dei leganti di apporto e prove specifiche dipendenti dall'obiettivo del trattamento per la determinazione delle formule di dosaggio.

Le prove di carattere generale riguardano, in particolare:

- per i terreni: la determinazione della granulometria, dei limiti di consistenza, del contenuto di acqua naturale, dell'eventuale presenza di sostanze organiche nonché della natura mineralogica;
- per i leganti: l'accertamento dei requisiti per essi richiesti (per le calce essenzialmente la granulometria ed il tenore in calce libera). I leganti devono provenire, per quanto possibile, dagli stessi impianti di quelli che si prevede di utilizzare in corso d'opera.

#### Utilizzazione in rilevato

In questo caso, le prove specifiche di dosaggio sono riferite alle proprietà che assicurino buone condizioni di posa in opera per le miscele: lavorabilità, compattabilità e sufficiente portanza immediatamente dopo costipamento, al fine di ottenere un supporto di rigidità conveniente nella costruzione degli strati successivi.

Per esaminare la lavorabilità si deve eseguire lo studio delle variazioni dei limiti di consistenza in funzione del dosaggio in calce. Per soddisfare questo requisito occorre che il dosaggio in calce sia non inferiore a quello minimo, aumentando il quale non si hanno significative variazioni del limite di plasticità delle miscele.

Per quanto riguarda la portanza, occorre ottenere sulle miscele un indice CBR immediato<sup>4</sup> maggiore di:

- CBR = 10, per la stabilizzazione di terreni costituenti il piano d'appoggio del rilevato;
- CBR = 15, per gli strati di rilevato.

I dosaggi così determinati possono essere aumentati per tenere conto delle alee costruttive (spandimento, miscelazione, attese prima del costipamento), o per ridurre più energeticamente il tenore in acqua del terreno in presenza di umidità naturali elevate.

#### Utilizzazione in strati di sottofondo

Oltre ai requisiti richiesti per l'impiego in rilevato, in questo caso si deve tenere conto anche delle sollecitazioni trasmesse dalla pavimentazione durante l'esercizio e delle azioni dell'acqua e del gelo.

Le miscele, compattate come descritto nella nota 4, devono presentare un indice di portanza CBR, dopo immersione di 4 giorni in acqua, maggiore di 25, al fine di garantire la necessaria portanza a breve termine,

La tenuta all'imbibizione va valutata, invece, rapportando la resistenza allo schiacciamento di provini cilindrici che nell'ultima parte del periodo di maturazione sono immersi per 7 giorni in acqua (  $R(x+7i)$  ) rispetto a quella di provini di pari età maturati per tutto il periodo di stagionatura in condizioni protette (  $R(x+7)$  ).

<sup>4</sup>Indice CBR determinato subito dopo il confezionamento dei provini, senza preventiva immersione in acqua, compattando le miscele ad energia prossima a quella dell'AASHTO standard, secondo la norma SN 670320b (5 strati, 12 colpi per strato, pestello del peso di 4,54 kg, altezza di caduta 45,7 cm.).

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

La resistenza all'azione dell'acqua può giudicarsi acquisita allorché detto rapporto

risulta: 
$$\frac{R_{(x+7i)}}{R_{(x+7)}} \geq 0,8$$

Per valutare la resistenza al gelo, dopo un periodo di maturazione in condizioni protette, in modo tale che il campione non perda umidità, i provini vengono immersi un giorno in acqua a 20°C e, successivamente, sottoposti a 13 cicli di gelo-disgelo (16 ore di gelo a -5°C, 8 ore di disgelo a +20°C).

La resistenza all'azione del gelo è ritenuta soddisfacente, se risulta:

$$\frac{R_{(x+1i+13g)}}{R_{(x+14i)}} \geq 0,8$$

#### **58.4.6.4 Modalità di esecuzione dei lavori**

E' preferibile che i processi di fabbricazione delle miscele si svolgano nei luoghi di estrazione (scavi di trincea o cave di prestito). Il trattamento nei luoghi d'impiego non presenta particolari problemi per lo strato destinato a rimanere direttamente a contatto con il terreno naturale (strato inferiore delle bonifiche dei piani di appoggio dei rilevati e dei sottofondi di trincea), mentre, nella formazione di rilevati, bisogna curare attentamente che l'intero spessore sia stato interessato dal processo di stabilizzazione.

In genere, il trattamento prevede le seguenti fasi operative:

- scasso del terreno con appositi aratri o scarificatrici, per tutto lo spessore da trattare (generalmente non superiore a 30 cm);
- frantumazione delle zolle con erpici a disco oppure con frese (pulvimixer), per rendere la superficie sufficientemente regolare, prima dello spandimento della calce;
- eventuale apporto d'acqua, qualora fosse necessario aumentare l'umidità della terra;
- spandimento del legante in polvere mediante adatte macchine spanditrici. Tale operazione deve essere effettuata esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa. Fino a quando la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante non sia stata completamente miscelata, potrà essere attraversata solo dai mezzi adibiti alla miscelazione. Le spanditrici devono essere munite di un sistema di dosaggio asservito alla velocità di avanzamento: il quantitativo di calce, necessario al trattamento dell'intero strato, deve essere distribuito in maniera uniforme sulla superficie, prevedendo che ad ogni passaggio della spanditrice non debba essere distribuito più del 2% in peso rispetto alla massa di terra da trattare;
- miscelazione della terra con macchine ad albero orizzontale rotante (pulvimixer), o con erpici a dischi, che permettano una miscelazione omogenea del legante e del terreno sullo spessore considerato.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

*Dalla natura del terreno trattato e dal suo grado di umidità dipenderà il numero di passate. Si deve garantire un sufficiente sbriciolamento della terra, fino ad ottenere una colorazione uniforme ed una dimensione massima delle zolle non superiore a 40 mm per le bonifiche dei piani di appoggio dei rilevati, di 30 mm per gli strati di rilevato e di 20 mm per gli strati di sottofondo. Nel caso di miscele per strati di rilevato si deve, inoltre, verificare che l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, risulti passante al staccio con apertura di 5 mm.*

La compattazione del materiale trattato deve essere eseguita evitando attese eccessive che portano ad un decadimento delle prestazioni meccaniche a medio e lungo termine delle miscele. Pertanto, l'Impresa non dovrà porre in essere, nell'organizzazione dei lavori, attese superiori alle sei ore tra l'ultimazione della miscelazione e l'avvio del costipamento. Le miscele che abbiano subito attese prolungate devono essere allontanate a cura e spese dell'Impresa.

Per gli strati di sottofondo la stesa del materiale deve essere effettuata soltanto mediante motolivellatrici.

Per la compattazione si devono utilizzare rulli a piedi costipanti o rulli gommati. Il costipamento deve essere spinto fino ad ottenere per il grado di addensamento i livelli indicati in progetto.

Le operazioni di trattamento e di posa in opera della terra stabilizzata devono essere effettuate in condizioni meteorologiche tali da evitare rapide variazioni del contenuto di acqua del terreno naturale e delle miscele terra-calce. Le operazioni vanno sospese se la temperatura ambiente scende sotto i 7 °C.

#### **58.4.6.5 Controlli di esecuzione**

Il controllo in corso d'opera del dosaggio in calce viene eseguito sia valutando la quantità in peso di legante raccolta entro teli di superficie nota, stesi sull'area da trattare, sia verificando lo spessore dello strato interessato dal trattamento mediante aste metalliche. La verifica del dosaggio deve essere effettuata per ciascuno strato nella misura di una presa per ogni 1000 m<sup>3</sup> di miscela.

La dimensione massima delle zolle e la bontà della miscelazione vengono valutate mediante staccatura a secco, mentre l'omogenea ripartizione del legante nella massa trattata viene valutata mediante l'esame della colorazione delle miscele ed, eventualmente, mediante misure di pH su campioni prelevati nella massa dello strato a differenti profondità.

Le misure di pH per il controllo del dosaggio in calce sono effettuate con frequenza di una prova ogni 2.000 m<sup>3</sup> di materiale trattato.

L'ubicazione dei prelievi e delle prove è scelta ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori.

Il controllo del costipamento degli strati finiti, realizzato mediante misure di massa volumica come sopra specificato, deve rispettare le frequenze previste nella Tabella 58-12 per gli strati di rilevato e per quelli di sottofondo. A discrezione della Direzione dei Lavori, sugli strati finiti possono essere effettuati prove con piastra per valutare il modulo di deformazione  $M_d$  o prove di deflessione, operando con mezzi ad elevato rendimento, che consentano la determinazione del modulo elastico dinamico ( $M_{ed}$ ): in questi casi, i valori di riferimento devono essere quelli stabiliti nel corso delle prove



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

preliminari di campo, tenuto conto della destinazione dello strato e della stagionatura (età) delle miscele.

#### **58.4.7 MASSICCI IN TERRA RINFORZATA**

Si ottengono inserendo, fra gli strati di un rilevato, elementi resistenti a trazione, di tipo monodirezionale (armature metalliche, generalmente piatte) oppure bidirezionale (geotessili, reti metalliche, geogriglie, ecc..). Affinché il massiccio si mantenga in efficienza è indispensabile che i materiali adottati presentino speciali caratteristiche.

##### Requisiti dei terreni del massiccio

Il terreno del rilevato in terra rinforzata deve essere costituito da terre appartenenti ai gruppi A<sub>1-a</sub>, A<sub>1-b</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>2-4</sub> e A<sub>2-5</sub> della classifica CNR - UNI 10006/2002.

Si devono, comunque, rispettare le seguenti condizioni:

- Il terreno di riempimento deve presentare un passante allo staccio da 0,075 mm inferiore al 15% ;
- Si possono utilizzare i terreni con passante allo 0.075 mm superiore al 15%, se:
  - la percentuale del campione esaminato per sedimentazione, di dimensioni minori di 15 µm è inferiore al 10% ;
  - la suddetta percentuale rimane compresa tra il 10% e 20% e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio diretto su campioni saturi, risulta superiore a 25°.
- Il terreno di riempimento non deve contenere nessun elemento maggiore di:
  - D = 140 mm se impiegato per il corpo del rilevato;
  - D = 100 mm se impiegato per il sottofondo.

Si può alleggerire il rilevato, con le modalità indicate nei disegni costruttivi, mediante l'interposizione di livelli di argilla espansa a strati di misto granulare o sabbia.

L'inerte leggero deve avere le seguenti caratteristiche :

-  $D_{max} < 25$  mm;

- peso di volume saturo a superficie asciutta compreso tra 7 e 8 kN/m<sup>3</sup>.

Il valore di resistività del materiale, saturato dopo un'ora di contatto terra-acqua alla temperatura di 20°C, deve essere superiore a 2.000 Ohm\*cm per opere a secco e 3.000 Ohm\*cm per opere inondabili.

Il valore di attività degli ioni (pH) misurato sull'acqua del campione di terra saturato, deve essere compreso tra 5 e 10.

Il contenuto di cloruri e solfati deve essere determinato soltanto per i materiali la cui resistività sia compresa tra 2.000 e 5.000 Ohm\*cm e non deve eccedere i valori riportati in Tabella 58-7.

**Tabella 58-7 Contenuto di cloruri e solfati**

	<b>Opere a secco</b>	<b>Opere in acqua dolce</b>
--	----------------------	-----------------------------

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Ione Cl	200 mg/kg	100 mg/kg
Ione SO <sub>4</sub>	1000 mg/kg	500 mg/kg

#### Armature metalliche

Le armature laminate e profilate devono essere in acciaio di tipo Fe 52.

Le reti metalliche sono a doppia torsione a maglie esagonali, tipo 8 x 10 (conformi UNI 8018), con valori elevati di resistenza a trazione (fino a 47 kN/m) senza fenomeni di creeping;

Gli elementi di acciaio interrati, di qualsiasi tipo, devono essere protetti da zincatura a caldo, di spessore minimo garantito di 70 micron, in ragione di circa 5 g di zinco per dm<sup>2</sup> di superficie sviluppata, o devono essere inossidabili.

I fili sottili, componenti le reti, devono essere protetti da uno strato di PVC dello spessore di 0,5 mm.

Per il rinforzo dei massicci si possono impiegare geotessili non tessuti in polipropilene o poliestere dalle caratteristiche conformi a quanto indicato nel paragrafo 58.4.4.2.

#### Lavorazione

Qualora i materiali di cava non mantengano la prescritta uniformità delle caratteristiche granulometriche e chimiche, allo scopo di garantire un comportamento omogeneo della terra rinforzata, l'Impresa è tenuta a stoccarli, in apposite aree, al fine di correggerli opportunamente.

Gli strati devono essere compattati in modo tale da garantire una massa volumica, sull'intero spessore, non inferiore al 92% (95% nel caso di strati di sottofondo) della massima individuata mediante la prova AASHTO Mod. (CNR 69/78), mentre il modulo di deformazione determinato in accordo alla norma CNR 146/92 deve risultare non inferiore a 50 N/mm<sup>2</sup>. Se la granulometria del materiale non consente l'esecuzione di prove di costipamento di laboratorio, secondo la norma CNR 69/78, il controllo del costipamento va effettuato attraverso prove di modulo di deformazione a doppio ciclo di carico, secondo la norma CNR 146/92.

### **58.4.8 SOTTOFONDO**

*Il sottofondo, in generale, può essere realizzato con la stesa di uno o più strati, ciascuno avente spessore non superiore a 30 cm, salvo diverse indicazioni risultanti dalla sperimentazione su campo prove. Lo spessore totale dello strato di sottofondo dipende dalla natura del materiale utilizzato, dalla portanza del supporto e da quella assunta in progetto per il piano di posa della sovrastruttura. La capacità portante del sottofondo deve essere corrispondente ai dati di progetto e quindi occorre verificarla prima della posa in opera della fondazione. In lavori di manutenzione può capitare che il sottofondo sia costituito da strati anche legati, in parte fessurati, della pavimentazione preesistente all'intervento: qualora questi strati non contengano leganti bituminosi la valutazione sarà analoga a quella del sottofondo non legato.*

#### **58.4.8.1 Materiali costituenti**

Non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possono essere impiegati per realizzare gli strati di sottofondo. Questo aspetto deve essere tenuto in conto per la

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

formulazione del programma dettagliato delle lavorazioni dei movimenti di terra:

- occorre considerare che, in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di  $D=100$  mm;
- nel caso in cui si impieghino materiali non legati, al fine di ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari con assortimento granulometrico ben graduato (curve compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (passante allo 0,063 mm minore del 12%) e non plastiche ( $IP < 6$ ).

#### Materiali sciolti naturali

Si prestano a costituire ottimi strati di sottofondo, i tout-venant di cava ed i misti di fiume (naturali o corretti granulometricamente), con granulometria 0/100 mm ben assortita, appartenenti al gruppo  $A_{1-a}$  della classificazione CNR-UNI 10006.

Possono essere impiegate, altresì, anche senza trattamento con legante, terre con indice di gruppo  $IG = 0$ , purché prive di elementi maggiori di  $D > 100$  mm e rispondenti ai requisiti di portanza appresso indicati, fatte salve soluzioni differenti da giustificarsi sotto il profilo tecnico ed economico. Inoltre, nel rispetto delle dimensioni massime sopra specificate, possono essere impiegate anche terre stabilizzate a cemento, a calce o a calce e cemento, materiali provenienti da demolizione e rocce tenere in disfacimento e/o autocementanti:

- terre dei gruppi  $A_{1-b}$ ,  $A_{2-4}$  ed  $A_{2-5}$ , con passante allo 0.075 mm maggiore del 12%, previa stabilizzazione a cemento od a calce-cemento;
- terre dei gruppi  $A_{2-6}$  ed  $A_{2-7}$  con una percentuale di fino maggiore al 5% previa stabilizzazione mista (a calce e cemento) od a sola calce.
- limi dei gruppi  $A_4$  ed  $A_5$  previa stabilizzazione a calce e cemento, nonché le argille dei gruppi  $A_6$  ed  $A_7$ , dotate di plasticità non eccessivamente elevata ( $IP < 25\%$ ), previa stabilizzazione con sola calce.

In questi ultimi casi, l'attitudine all'impiego deve essere valutata mediante prove CBR di laboratorio, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione  $M_d$  sugli strati posti in opera, nel rispetto dei requisiti indicati in

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Tabella 58-11.

Qualora le prove di portanza CBR di laboratorio risultassero significative (materiale passante allo staccio da 20 mm, UNI EN 933-2), l' idoneità all'impiego della terra potrà essere accettata se essa presenterà valori di indice di portanza CBR (energia AASHTO Modificata) non inferiori a quanto appresso specificato:

a) nel caso di sottofondi costituiti da terreni granulari, clima asciutto, assenza di rischi d'imbibizione per infiltrazione laterale o dall'alto o per risalita capillare:

CBR = 20% ( $w = w_{opt} \pm 2\%$ ; senza immersione);

b) per sottofondi costituiti da terreni granulari, nel caso in cui una delle condizioni sopracitate venga a mancare:

CBR = 20% ( $w = w_{opt} \pm 2\%$ ; 4 giorni di immersione);

c) nel caso di sottofondi costituiti da terreni limo-argillosi o in presenza di drenaggi insufficienti:

CBR = 20% ( $w = w_{opt} \pm 2\%$ ; saturazione completa).

#### Materiali riciclati

*Per il presente articolo e per tutte le lavorazioni con materiali riciclati, per tutto quanto non esposto nel presente Capitolato, si farà riferimento al Capitolato Speciale di Appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione della Regione Toscana (approvato con D.G.R.T. n. 337 del 15/05/2006).*

Le miscele di materiali provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, per essere impiegate nella formazione di strati di sottofondo devono possedere i requisiti indicati nella Tabella 58-8 o nella Tabella 58-9, a seconda che si tratti di aggregati da costruzione e demolizione, o di inerti provenienti prevalentemente da scarti di attività industriali. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato. L'idoneità all'impiego del materiale deve essere accertata anche mediante il valore dell'Indice C.B.R. determinato secondo la norma CNR-UNI 10009/64; il materiale sarà ritenuto idoneo se fornisce valori dell'Indice di portanza C.B.R., su provini addensati con energia AASHTO Mod. e umidità  $w = w_{ott} \pm 2\%$ , dopo 4 giorni di immersione in acqua, pari a  $CBR \geq 20\%$

**Tabella 58-8 - Aggregati da costruzione e demolizione per strati di sottofondo**

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Calcestruzzi, mattoni e laterizi, intonaci, materiali litici, malte, ceramica	UNI EN 13285 Appendice A	> 80% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 10% in massa
Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili,	UNI EN 13285	≤ 0,2% in massa

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

cellulosa, residui alimentari)	Appendice A	
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,4% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	≤ 45%
Sensibilità al gelo ( * )	UNI EN 1367-1	≤ 30%
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	Non Plastico
Passante allo staccio 63 mm	UNI EN 933-1	100%
Passante allo staccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 15% in massa
Rapporto fra passante allo staccio 0,500 mm e passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	> 1,5
Produzione finissimo per costipamento AASHTO Mod. nell'intervallo ±2% W <sub>OTT</sub>	CNR B.U. n.69/78 UNI EN 933-1	Differenza P <sub>0,063post</sub> – P <sub>0,063ante</sub> ≤ 5%
Indice di forma	UNI EN 933-4	≤ 35%
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	≤ 35%
( * ) In zone soggette al gelo		

In ogni caso il rigonfiamento rilevato secondo le modalità previste dalla stessa Norma CNR-UNI 10009/64 non dovrà essere superiore a 1%.

I piani di sottofondo devono essere sistemati con falde pendenti verso l'esterno (in rilevato) o verso le opere di raccolta delle acque, con pendenza trasversale non inferiore al 4%,

al fine di allontanare rapidamente le acque meteoriche.

**Tabella 58-9 - Scarti industriali per strati di sottofondo**

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	> 80% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,5% in massa
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	≤ 45%
Sensibilità al gelo ( * )	UNI EN 1367-1	≤ 30%
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	Non Plastico
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	100%
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 20% in massa
Rapporto fra passante al setaccio 0,500 mm e passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	> 1,5

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Produzione finissimo per costipamento AASHTO mod. nell'intervallo $\pm 2\% W_{OTT}$	CNR B.U. n.69/78 UNI EN 933-1	Differenza $P_{0,063post} - P_{0,063ante} \leq 5\%$
Indice di forma	UNI EN 933-4	$\leq 35\%$
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	$\leq 35\%$
( * ) In zone soggette al gelo		

## 58.5 CONTROLLI

### 58.5.1 CONTROLLO DELLE FORNITURE

In corso d'opera devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in sito, prima della posa in opera del materiale, in contraddittorio con la Direzione dei lavori, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella 58-10 salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione Lavori.

### 58.5.2 CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI E DETRAZIONI

Le prestazioni degli strati posti in opera possono essere accertate, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione  $M_d$ , al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR 146/92.

Il controllo mediante misure di massa volumica in sito può essere applicato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n. 69/78, la frazione di materiale trattenuta allo staccio 20 mm UNI EN 933-2 non supera il 35% della massa totale.

**Tabella 58-10** Frequenza minima dei controlli delle forniture dei materiali (una prova ogni  $m^3$ )

Destinazione	Rilevato		Sottofondo		Massicci rinforzati	
	Primi	Ulteriori	Primi	Ulteriori	Primi	Ulteriori
Tipo di prova	10000 $m^3$	$m^3$	5000 $m^3$	$m^3$	5000 $m^3$	$m^3$
<b>Materiali sciolti naturali</b>						
Classificazione	2000	4000	1000	2000	1000	2000

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

CNR-UNI 10006 -2002						
Costipamento	5000	10000	2500	5000	2500	5000
CBR			2500 <sup>(1)</sup>	5000 <sup>(1)</sup>		
<b>Materiali riciclati</b>						
Requisiti delle Tabelle 1-4 e 1-5	1000	2000				
Requisiti delle Tabelle 1-8 e 1-9			1000	2000		
Costipamento	1000	2000	1000	2000		
CBR			1000	2000		
<b>Tutti i materiali</b>						
Umidità naturale	500	1000	500	1000	500	1000
<sup>(1)</sup> Solo per i materiali non appartenenti al gruppo A1-a						

In questo caso il controllo della massa volumica apparente può essere effettuato previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

- Pd : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;  
 V : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;  
 P'd : massa del secco della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm;  
 V' = P'd /  $\gamma_s$  : volume della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm;  
 $\gamma_s$  : massa volumica apparente della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHTO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato esaminato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione Md' al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione Md al primo ciclo di carico dovrà, in ogni caso, essere non superiore a 2.5. La prova di carico a doppio ciclo risulta inoltre necessaria quando le prove di portanza non sono eseguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

In alternativa, o anche ad integrazione delle misure di modulo di deformazione, il controllo della portanza degli strati finiti può essere effettuato mediante misure di deflessione, operando con mezzi ad alto rendimento che consentono la determinazione del modulo elastico dinamico equivalente  $M_{ed}$ . Le soglie da raggiungere devono essere determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il modulo  $M_{ed}$  e il modulo di deformazione  $M_d$ , tenuto conto della struttura da realizzare e del materiale in esame. Le misure di deflessione risultano, generalmente, assai più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, possono essere convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della variazione della portanza sull'intera estensione dello strato esaminato, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale, se ciò è ritenuto necessario, come nel caso degli ampliamenti e delle sezioni a mezza costa. Queste determinazioni possono inoltre rappresentare la base per la scelta dei punti in cui effettuare misure del modulo di deformazione  $M_d$  se occorre determinare la distribuzione spaziale della portanza degli strati di rilevato realizzati, finalizzata al sezionamento del rilevato in tronchi omogenei di portanza.

Dato che la portanza di una terra o di un materiale granulare dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno maggiore in relazione alla natura del materiale stesso, i livelli prestazionali indicati nella



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Tabella 58-11 si riferiscono a contenuti d'acqua "w" compresi tutti nell'intervallo:

$$w_{ott} - 2,0\% < w < w_{ott} + 2,0\%$$

(w<sub>ott</sub> = umidità ottima di costipamento ricavata con prove AASHTO Mod.)

Se il contenuto d'acqua "w" del materiale al momento delle prove dovesse risultare esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle relative misure effettuate tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel campo prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale stesso. Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra o di deflessione, occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 58-11 Criteri di qualità e requisiti per gli strati di rilevato e sottofondo**

Strato	Traffico	Grado di addensamento % $\gamma_s$ max di laboratorio	Modulo di deformazione Md ( N/mm <sup>2</sup> )
Sottofondo <sup>1</sup>	P e PP	≥ 95% AASHTO Mod.	≥ 50
	L e M	≥ 93% AASHTO Mod..	≥ 40
Rilevato <sup>2</sup>	P e PP	≥ 92% AASHTO Mod.	≥ 30
	L e M	≥ 90% AASHTO Mod..	≥ 25

<sup>1</sup> In trincea, in tutto lo spessore dello strato di bonifica del sottofondo; in rilevato, nello strato superiore fino ad 1,0 m dal piano di sottofondo;

<sup>2</sup> Strati posti a più di 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione;

La

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b> <hr/> <b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>
---	---	---

Tabella 58-11 riassume i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione ed al tipo di traffico. Tenuto conto delle situazioni localmente presenti, per gli strati di sottofondo possono assumersi soglie minime diverse da quelle riportate nella

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Tabella 58-11, purché considerate nel progetto della pavimentazione, si veda a tal proposito la relazione specialistica, e giustificate sotto il profilo tecnico-economico. Se indichiamo con  $M_d$  il valore del modulo di deformazione di progetto e con  $M_{d \text{ sito}}$  il valore del modulo di deformazione determinato sul materiale posto in opera dopo un tempo di maturazione compreso tra 12 e 24 ore, nel caso in cui il valore di  $M_{d \text{ sito}}$  sia inferiore a  $M_d$  saranno applicate le seguenti detrazioni:

- se  $M_{d \text{ sito}} \geq 0.95 * M_d$  nessuna detrazione
- se  $0.95 * M_d > M_{d \text{ sito}} \geq 0.90 * M_d$  10% di detrazione
- se  $0.90 * M_d > M_{d \text{ sito}} \geq 0.80 * M_d$  20% di detrazione
- se  $M_{d \text{ sito}} < 0.80 * M_d$  rifacimento della stabilizzazione

### 58.5.2.1 Frequenza dei controlli sugli strati finiti

La frequenza delle prove di controllo degli strati finiti deve rispettare quanto previsto nella Tabella 58-12, salvo diverse e documentate prescrizioni da parte della Direzione Lavori.

**Tabella 58-12 Frequenza minima dei controlli per ciascuno strato finito (una prova ogni ...m<sup>2</sup>)**

Destinazione	Corpo del rilevato		Sottofondo	
	Primi	Ulteriori	Primi	Ulteriori
Tipo di prova	10000 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	5000 m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
Grado di addensamento	2000	4000	1000	2000
Modulo $M_d$ e $M_d/M'_d$	2000 <sup>1</sup>	4000 <sup>1</sup>	1000	2000
Modulo elastico dinamico equivalente $M_{ed}$	400	400	200	200

<sup>1</sup> Solo nel caso in cui non è possibile procedere al controllo del grado di addensamento

### 58.5.2.2 Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati devono rispettare le soglie minime riportate nella

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Tabella 58-11.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati di una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 5%, per le misure di massa volumica secca  $\sigma_s$ ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo  $M_d$  e  $M'_d$ ).

Per le prove di portanza ad alto rendimento la media dei valori del modulo  $M_{ed}$  ricavata da almeno 12 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 20%.

### **58.5.2.3 Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto**

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7: 2004), disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

- ogni 5000 m<sup>2</sup>, per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo
- ogni 1000 m<sup>2</sup>, per i piani di posa della pavimentazione.

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- $\pm 2\%$  per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;
- $\pm 3$  cm, per i piani di sottofondo;
- $\pm 5$  cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;
- $\pm 10$  cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

### **58.5.3 RIEMPIMENTI**

Con la generica denominazione di riempimenti si individuano diverse tipologie di lavorazioni che riguardano: sistemazioni di tratti di rilevato rimasti in sospeso, rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (come ad esempio la posa di sottoservizi), riempimenti a ridosso di opere di sostegno, ripristino di cavi di fondazioni intorno a strutture murarie, sistemazioni ambientali. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, non deve giustificare rinuncia di sorta alle portanze prescritte.

E' necessario, pertanto, impiegare materiale granulare selezionato, efficacemente sensibile al costipamento per vibrazione.

I materiali, trasportati mediante autocarri o mezzi simili, non devono essere scaricati direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositati in loro vicinanza e successivamente posti in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti.

L'Impresa deve evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza e non deve

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

operare mediante grossi rulli vibranti entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. Alle spalle di tali strutture devono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, come piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Nell'eseguire la formazione dei riempimenti o dei tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si deve garantire la continuità con la parte già realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici onde ottenere analoghe caratteristiche prestazionali degli strati finiti. A ridosso delle murature dei manufatti, la Direzione Lavori ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali predisposti, privati delle pezzature maggiori di 40 mm, qualora lo ritenga necessario in relazione alle caratteristiche dei terreni ed anche in aggiunta alle previsioni progettuali. La stabilizzazione deve interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sia a forma trapezia, avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a  $2,00\text{ m} + \frac{3}{2}h$  e l'altezza  $h$  coincidente con quella del rilevato. Il cemento, di tipo normale, va aggiunto in ragione di 25-50 kg/m<sup>3</sup> di materiale compattato; l'esatto quantitativo, entro i suddetti limiti, deve essere determinato sperimentalmente dall'Impresa e sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori.

La miscela deve essere compattata fino al 95% della massa volumica massima del secco, ottenuta con energia AASHTO Modificata (CNR 69/78), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

## Articolo 59

### FONDAZIONI E BASI NON LEGATE

#### 59.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

Gli strati di base e di fondazione delle sovrastrutture stradali possono essere realizzati con misti granulari non legati costituiti da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego; per il confezionamento dei soli strati di fondazione possono essere utilizzati, inoltre, inerti granulari riciclati trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 Febbraio 1998, aventi i requisiti previsti nel §58.2.3, o terre stabilizzate granulometricamente.

Lo spessore da assegnare agli strati è fissato dal progetto o, in carenza, dalla D.L..

L'aggregato grosso è quello di dimensione  $d$  uguale o maggiore di 1 mm e  $D$  maggiore di

2 mm, dove con  $d$  si indica la dimensione dello staccio inferiore e con  $D$  quella dello staccio superiore.

L'aggregato fine è quello di dimensione  $d$  uguale a zero e  $D$  minore o uguale a 6.3 mm.

Le miscele potranno essere formate da materiale idoneo oppure da correggersi mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche, eseguita con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione o altri sistemi al fine di

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

migliorarne le proprietà fisico meccaniche.

## 59.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

### 59.2.1 AGGREGATI LAPIDEI DI PRIMO IMPIEGO

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati; gli elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle Tabella 59-1 e Tabella 59-2

**Tabella 59-1 Requisiti dell'aggregato grosso dei misti granulari di primo impiego per strati di fondazione**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Resistenza alla frantumazione Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 30	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	63	63	63	63
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	>30	>30	>30	-
Resistenza al gelo disgelo (DSIa) ( 1 )	UNI EN 1367-1	%	≤ 20	≤ 20	≤ 30	≤ 30
( 1 ) In zone soggette al gelo						

**Tabella 59-2 Requisiti dell'aggregato grosso dei misti granulari di primo impiego per strati di base**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Resistenza alla frantumazione Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	*	*	≤ 30	≤ 30
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	*	*	63	63
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	*	*	≥80	≥60

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Resistenza al gelo disgelo (DSIa) ( 1 )	UNI EN 1367-1	%	*	*	≤ 20	≤ 20
( 1 ) In zone soggette al gelo * Materiale non idoneo salvo studi particolari						

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella Tabella 59-3 e nella Tabella 59-4

**Tabella 59-3 Requisiti dell'aggregato fine dei misti granulari di primo impiego per strati di fondazione**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 50	≥ 40	≥ 40	≥ 40
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	N.P.	≤ 6
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	≤ 25	≤ 35	≤ 35
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 6

Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

**Tabella 59-4 Requisiti dell'aggregato fine dei misti granulari di primo impiego per strati di base**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	*	*	≥ 50	≥ 50
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	*	*	N.P.	N.P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	*	*	≤ 25	≤ 25
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	*	*	≤ 6	≤ 6

\* Materiale non idoneo salvo studi particolari



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## 59.2.2 AGGREGATI RICICLATI

*L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei (§58.2.3.2).*

### 58.5.2.1 Requisiti di composizione

Il misto granulare per strati di fondazione costituito da aggregati riciclati dovrà possedere i requisiti di composizione indicati nella seguente Tabella 59-5

### 58.5.2.2 Requisiti fisico- meccanici

Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 59-6.

Art. 59 L'aggregato fine deve essere costituito da elementi che possiedano le caratteristiche riportate nella seguente Tabella 59-7.

### 58.5.2.3 Requisiti chimici

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. del D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere  $\leq 1\%$ . Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in c.a., tale valore deve essere  $\leq 0,5\%$ . Si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, materiali con un contenuto di solfati e solfuri maggiore del limite suddetto purché vengano rispettati i limiti previsti dal citato D.M. del 05/02/98.

**Tabella 59-5 Requisiti di composizione dei misti granulari riciclati per strati di fondazione**

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di materiali ferrosi	UNI EN 13285 Appendice A	> 90% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi e fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente ( * )	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa per ciascuna tipologia
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie di materia plastica, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	< 0,2% in massa
Altri materiali: metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	< 0,4% in massa
( * ) Decreto Legislativo n.22 del 05/02/1997 e successivi aggiornamenti e integrazioni.		

**Tabella 59-6 Requisiti dell'aggregato grosso dei misti granulari riciclati per strati di fondazione**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	%	≤ 30	≤ 30	≤ 35	≤ 40
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	63	63	63	63
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Sensibilità al gelo ( 1 )	UNI EN 1367-1	%	≤ 20	≤ 20	≤ 30	≤ 30
( 1 ) In zone soggette al gelo						

**Tabella 59-7 Requisiti dell'aggregato fine dei misti granulari riciclati per strati di fondazione**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	N.P.	≤ 6
Limite Liquido	CNR-UNI	%	≤ 25	≤ 25	≤ 35	≤ 35

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

	10014					
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 6

Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

### 59.2.3 MISCELE

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione degli strati di fondazione o di base non legati deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in

Tabella **59-8** se si tratta di materiale lapideo di primo impiego e di Tabella 59-9 se si tratta di aggregati riciclati.

**Tabella 59-8 Requisiti granulometrici della miscela di materiale lapideo di primo impiego**

Serie stacci UNI (mm)	Fondazione	Fondazione o base
	Passante totale in peso	
56	100	-
22.4	70/100	100
11	-	70/100
8	30/70	50/85
4	23/55	35/65
2	15/40	25/50
0.5	8/25	15/30
0.063	2/15	5/15

L'aggregato non deve presentare forma appiattita, allungata o lenticolare. In ogni caso, la dimensione massima dell'aggregato non deve superare la metà dello spessore dello strato ed il rapporto tra il passante allo staccio UNI 0.063 mm ed il passante allo staccio UNI 0.5 mm deve essere inferiore a 2/3.

Per gli aggregati riciclati, la produzione di materiale finissimo per effetto del costipamento con energia AASHTO Mod., effettuato nell'intervallo di umidità  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottima, valutata tramite la differenza della percentuale di passante al setaccio UNI EN 0.063 mm prima e dopo il costipamento, non dovrà essere superiore al 5%.

**Tabella 59-9 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati riciclati**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Serie stacci UNI (mm)	Passante totale in peso
63	100
31.5	75/100
16	50/82
10	35/70
4	22/50
2	15/40
0.5	8/25
0.125	5/15
0.063	2/10

L'indice di portanza CBR, determinato secondo quanto prescritto dalla CNR-UNI 10009:64, dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante allo staccio UNI EN 20 mm), non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Il modulo resiliente (MR) della miscela impiegata deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e può essere determinato applicando la norma AASHTO T294 o altra metodologia indicata dal progettista.

I diversi componenti e, in particolare, le sabbie devono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili

### **59.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE**

La composizione delle miscele da adottare dovrà essere comunicata dall'Impresa alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato; la documentazione deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione attestanti il possesso dei requisiti elencati al § 59.2. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHTO modificata (CNR 69/78) per l'individuazione del valore di riferimento della massa volumica secca massima della miscela ( $\gamma_s \text{ max}$ ).

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

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

#### **59.4 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE**

L'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

#### **59.5 ESECUZIONE DEI LAVORI**

Il piano di posa dello strato deve essere ripulito da materiale estraneo ed avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza richiesti. Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm;

Una volta costipato, il materiale dovrà presentarsi uniformemente miscelato in modo che non si verifichi la segregazione dei suoi componenti. Al fine di raggiungere l'umidità prescritta in funzione della massa volumica, potrà essere necessaria l'aggiunta di acqua, che dovrà effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa andrà eseguita con finitrice o grader appositamente equipaggiato.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Comunque, qualora dovessero verificarsi danni dovuti al gelo o un eccesso di umidità, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.L. con una prova sperimentale di campo usando le miscele messe a punto per quel cantiere .

#### **59.6 CONTROLLI**

Per controllare la qualità dei materiali e la loro posa in opera, si eseguiranno prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che sullo strato finito.

##### **59.6.1 CONTROLLO DELLE FORNITURE**

Le caratteristiche di accettazione dei materiali elencate al §59.2 vanno verificate prima dell'inizio dei lavori e ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza del materiale naturale o I lotti omogenei dei materiali riciclati. Per ogni approvvigionamento omogeneo, la frequenza delle prove di attitudine deve rispettare, per ogni tipo di controllo da effettuare , i criteri quantitativi riportati nella Tabella 59-10 per i misti naturali di primo impiego e nella Tabella 59-11 per i misti granulari riciclati, salvo diverse e documentate prescrizioni da parte della Direzione dei Lavori

##### **Tabella 59-10 Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**misti granulari di primo impiego**

Controllo	Ubicazione prelievo	Frequenza	Requisiti
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Tabella 59-1 Tabella 59-2
Aggregato fine	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Tabella 59-3 Tabella 59-4
Granulometria miscela	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 59-8

**Tabella 59-11 Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei misti granulari riciclati per fondazioni stradali**

Controllo	Ubicazione prelievo	Frequenza	Requisiti
Materiali componenti	Impianto	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 59-5
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 59-6.
Aggregato fine	Impianto	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 59-7
Granulometria miscela	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 59-9
Umidità ottima AASHTO Mod.	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	
Indice C.B.R. dopo 4 giorni di imbibizione in acqua	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	> 30% nell'intervallo di umidità $\pm 2\%$ rispetto a Wott AASHTO mod.
Produzione finissimo per costipamento AASHTO Mod. nell'intervallo $\pm 2\%$ Wott	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>3</sup> di stesa	< 5%

La granulometria delle miscele deve essere verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito già miscelato, subito dopo aver effettuato il costipamento, nel caso di misti granulari di primo impiego; nel caso di misti granulari riciclati, il materiale deve essere prelevato in sito al momento della posa in opera. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti e di  $\pm 2$  punti per l'aggregato fine. In ogni

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

caso non devono essere superati i limiti dei fusi assegnati ( Tabella **59-8** e Tabella 59-9). L'equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) dell'aggregato fino deve essere verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

## **59.6.2 CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI**

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO Mod. di laboratorio e attraverso il controllo della capacità portante.

Il controllo mediante misure di massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n.22/72) può essere effettuato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n.69/1978, la frazione di materiale trattenuta al setaccio da 20 mm UNI EN 932-2 non supera il 35% della massa totale. In questo caso il controllo può essere effettuato previa correzione della massa volumica del secco in sito per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

$$\gamma_{d,sito} = \frac{P_d - P'_d}{V - V'}$$

P<sub>d</sub> : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;  
V : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;  
P'<sub>d</sub> : massa del secco della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm;  
V' = P'<sub>d</sub> / γ<sub>s</sub> : volume della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm;  
γ<sub>s</sub> : massa volumica apparente della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHTO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di carico con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92) per la determinazione dei moduli di deformazione M<sub>d</sub> e M'<sub>d</sub>.

La determinazione del modulo M'<sub>d</sub> al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione M'<sub>d</sub> al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione M<sub>d</sub> al primo ciclo di carico non dovrà, almeno nel 95% delle determinazioni, essere superiore ai limiti previsti nella Tabella 59-12 per i rispettivi livelli di traffico.

### **59.6.2.1 Portanza**

La misura della portanza deve 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 § 59.3. La metodologia d'indagine impiegata dovrà essere tale da fornire

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo sono ammesse sia prove puntuali (prove di carico con piastra) per la determinazione del Modulo di deformazione ( $M_d$ ) dello strato, sia prove di deflessione ad elevato rendimento per la determinazione del Modulo elastico dinamico ( $M_{ed}$ ).

Il Modulo di deformazione ( $M_d$ ) dello strato deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 146/92).

Il Modulo elastico dinamico ( $M_{ed}$ ) dello strato deve essere quello utilizzato nel progetto della pavimentazione e viene determinato mediante la misura della portanza dello stesso, effettuata con una macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer-FWD) dotata di misuratori di abbassamento (deflessione) operanti su 9 punti di una linea a distanza prefissata dalla piastra di carico, nel modo qui di seguito descritto:

a) la massa battente da usare e l'altezza di caduta verranno stabilite, mediante prove da effettuare prima della misura, in modo da non lasciare deformazioni permanenti sotto la piastra; l'altezza di caduta o la massa battente, se ciò succede, dovranno essere ridotte fino ad avere una deformazione di tipo elastico;

b) le misure verranno effettuate nelle condizioni stabilite al punto precedente, controllando che comunque anche in altre zone di prova non si abbia deformazione plastica; il Modulo elastico dinamico dello strato di fondazione verrà calcolato interpretando le misure mediante specifico software di retrocalcolo di riconosciuta validità da parte dell'Amministrazione.

In assenza di specifiche indicazioni di progetto, che stabiliscano soglie minime diverse, i valori dei moduli di deformazione  $M_d$  (valutati attraverso prova di carico con piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup>) ed i valori dei moduli elastici dinamici  $M_{ed}$  non dovranno essere inferiori ai valori limite riportati nella Tabella 59-12.

Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti tutti i valori di portanza dello strato di fondazione dovranno essere non inferiori ai valori limite previsti.

#### **59.6.2.2 Tolleranze sui risultati**

A discrezione della Direzione Lavori possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

Per ciascun tipo di prova, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella suddetta Tabella 59-12.

Negli altri casi si può accettare che su n. 5 risultati di una stessa prova di controllo n. 1 possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento da tali valori non ecceda:

- il 3%, per la misura del grado di addensamento;
- il 5%, per le misure dei moduli  $M_d$  e  $M'_{d}$ .

Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico dinamico  $M_{ed}$  ricavata da almeno 12 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%.

### 59.6.2.3 Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto in Progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati. Salvo documentata diversa prescrizione della Direzione Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella 59-12

**Tabella 59-12 Frequenza dei controlli e requisiti prestazionali degli strati finiti**

CONTROLLI	TRAFFICO		FREQUENZA
	PP o P	M o L	
Grado di addensamento $\gamma_d/\gamma_{dmax, laboratorio}$ [%]	$\geq 98$ % AASHTO Mod.	$\geq 95$ % AASHTO Mod.	Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa
Rapporto Md / Md'	$\geq 2,0$	$\geq 2,3$	Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa
Modulo di deformazione Md [N/mm <sup>2</sup> ]	$\geq 100$ (o della prestazione prevista in Progetto)	$\geq 80$ (o della prestazione prevista in Progetto)	Ogni 1.000 m <sup>2</sup> di stesa
Modulo elastico dinamico equivalente M <sub>ed</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	$\geq 190$ (o della prestazione prevista in Progetto)	$\geq 150$ (o della prestazione prevista in Progetto)	Ogni 250 m <sup>2</sup> di stesa
Spessore degli strati	spessore di progetto	spessore di progetto	Ogni 500 m <sup>2</sup> di stesa
Scostamento con regolo da 4 m	< 10 mm dai piani di Progetto	< 10 mm dai piani di Progetto	Ogni 500 m di stesa

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## Articolo 60

### **STRATI DI FONDAZIONE, SOTTOBASE E BASE IN MISTI A LEGANTE IDRAULICO E/O BITUMINOSO**

Le miscele per strati di fondazione, di sottobase e di base trattate in questo articolo si distinguono in misti cementati e miscele ottenute da riciclaggio in sito di strati esistenti in misto cementato e/o granulare con l'aggiunta di cemento e/o bitume schiumato e/o emulsione bituminosa. Lo spessore da assegnare agli strati è fissato dal progetto o, in carenza, dalla Direzione Lavori.

#### **60.1 MISTO CEMENTATO**

##### **60.1.1 GENERALITA' E DEFINIZIONI**

Il misto cementato può essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego (misto granulare) o aggregati riciclati trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 Febbraio 1998 (§58.2.3), confezionata in impianto con un legante idraulico (cemento) ed acqua. L'aggregato grosso è quello di dimensione d uguale o maggiore di 1 mm e D maggiore di 2 mm, dove con d si indica la dimensione dello staccio inferiore e con D quella dello staccio superiore.

L'aggregato fine è quello di dimensione d uguale a zero e D minore o uguale a 6.3 mm. La miscela di aggregati e legante 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.

##### **60.1.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI**

###### **60.1.2.1 Aggregati lapidei di primo impiego**

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, 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 60-1.

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella Tabella 60-2.

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 di fiducia dell'Amministrazione.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 60-1 Requisiti dell'aggregato grosso di primo impiego per la formazione di misti cementati**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livelli di traffico	
Parametro	Normativa		PP e P	L e M
Resistenza alla frantumazione Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 30	≤ 40
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	40	40
Resistenza al gelo/disgelo (DS <sub>ia</sub> ) <sup>(*)</sup>	UNI EN 1367-1	%	≤ 30	≤ 30
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	≥ 30	-
Contenuto di rocce reagenti con alcali del cemento		%	≤ 1	≤ 1
Passante allo staccio 0.063 mm	UNI EN 933-8	%	≤ 1	≤ 1
(*) In zone considerate soggette al gelo				

**Tabella 60-2 Requisiti dell'aggregato fine di primo impiego per la formazione di misti cementati**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livelli di traffico	
Parametro	Normativa		PP e P	L e M
Rocce tenere, alterate o scistose	CNR BU 104/84	%	≤ 1	≤ 1
Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento	CNR BU 104/84	%	≤ 1	≤ 1
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	30 ≤ Es ≤ 60	30 ≤ Es ≤ 60
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	6
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	≤ 25

#### 60.1.2.2 Aggregati riciclati

L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei (§58.2.3).

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

#### Requisiti di composizione

Il misto granulare riciclato per la formazione del misto cementato dovrà essere costituito da aggregati riciclati in possesso dei requisiti di composizione indicati nella seguente Tabella 60-3.

#### Requisiti fisico-meccanici

Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 60-4.

**Tabella 60-3 Requisiti di composizione degli aggregati riciclati per la formazione di misti cementati**

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di materiali ferrosi	UNI EN 13285 Appendice A	> 90% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi e fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente ( * )	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa per ciascuna tipologia
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie di materia plastica, ecc. ( ** )	UNI EN 13285 Appendice A	< 0,2% in massa
Altri materiali: metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	< 0,4% in massa
( * ) Decreto Legislativo n.22 del 05/02/1997 e successivi aggiornamenti e integrazioni. ( ** ) La massa dei materiali deperibili, gravata di un fattore amplificativi 5, deve essere assegnata alla categoria delle rocce degradabili per il rispetto dei requisiti riportati nelle seguenti Tabella 3.4 e Tabella 3.5		

**Tabella 60-4 Requisiti dell'aggregato grosso dei misti granulari riciclati per la formazione di misti cementati**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	%	≤ 30	≤ 30	≤ 35	≤ 40

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	30	30	30	30
Sensibilità al gelo ( * )	UNI EN 1367-1	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Rocce tenere, alterate o scistose	CNR BU 104/84	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento	CNR BU 104/84	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
( * ) In zone considerate soggette al gelo						

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi che possiedano le caratteristiche riportate nella seguente

Tabella **60-5**.

**Tabella 60-5 Requisiti dell'aggregato fine dei misti granulari riciclati per la formazione di misti cementati**

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico			
Parametro	Normativa		PP	P	M	L
Rocce tenere, alterate o scistose	CNR BU 104/84	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento	CNR BU 104/84	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 35	≥ 35	≥ 30	≥ 30
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	≤ 6	≤ 6
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25	≤ 25

#### Requisiti chimici

I materiali riciclati debbono appartenere alle tipologie 7.1, 7.2, 7.11 e 7.17 del D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere ≤ 1 %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere ≤ 0,5 %.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati di primo impiego o riciclati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

### **60.1.2.3 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 EN 197-1: 2001 :

- 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. 315. 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. 315.

### **60.1.2.4 Acqua**

L'acqua utilizzata nel confezionamento degli strati deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e da qualsiasi altra sostanza nociva.

### **60.1.2.5 Ceneri volanti**

Per modificare le caratteristiche del calcestruzzo possono essere aggiunti materiali inorganici finemente macinati. È ammesso, inoltre, l'utilizzo di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450:1995, 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. Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

## **60.1.3 COMPOSIZIONE DELLE MISCELE**

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 60-6 quando si utilizzano aggregati lapidei di primo impiego e in Tabella 60-7 quando si utilizzano aggregati riciclati.

**Tabella 60-6 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati di primo impiego per misti cementati**

Serie stacci UNI (mm)	Traffico	
	PP e P	L e M
	Passante totale in peso	
31.5	100	100
22.4	80/100	-
20	72/90	65/100
12	53/70	45/70
8	40/55	35/60
4	28/40	23/45
2	8/18	6/14
0.125	6/14	2/7
0.075	5/10	-

**Tabella 60-7 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati riciclati per misti cementati**

Serie stacci UNI (mm)	Passante totale in peso
31.5	100
20	70/100
14	55/78
10	45/65
4	28/42
2	18/30
0.5	8/18
0.125	5/13
0.063	2/10

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. 29/72 sulla base del quale verranno anche identificati i valori di massa volumica del secco e di resistenza da utilizzare nelle prove di controllo. Le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella Tabella 60-8.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 60-8 Requisiti meccanici dei misti cementati**

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 168 ore	CNR 29/72	$2.5 \leq R_c \leq 4.5$ N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione indiretta a 168 ore (Prova Brasiliana) <sup>5</sup>	CNR 97/84	$R_t \geq 0.25$ N/mm <sup>2</sup>

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza 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 509a.

#### **60.1.4 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. Dovranno far parte di tale documentazione anche le curve rappresentative delle variazioni del modulo elastico delle miscele, in funzione dei giorni di maturazione: da esse sarà possibile evincere il raggiungimento dei valori di modulo delle miscele previsto nel calcolo della pavimentazione. 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 di 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  $\pm 0.5\%$ .

#### **60.1.5 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE**

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti 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.

<sup>5</sup> I provini per la prova di trazione indiretta sono gli stessi impiegati per la prova di compressione (CNR BU 29)



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## **60.1.6 ESECUZIONE DEI LAVORI**

### **60.1.6.1 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 dello stesso ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. Inoltre, prima della stesa è 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.

### **60.1.6.2 Posa in opera delle miscele**

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici vibranti. 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. In generale, è preferibile che le operazioni di addensamento siano eseguite prima con rullo a ruote vibranti e dopo con rullo gommato; in alternativa si possono utilizzare rulli misti vibranti-gommati. L'idoneità dei mezzi di costipamento verrà determinata dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati ottenuti su stese sperimentali in campo prove utilizzando le stesse miscele messe a punto con lo studio di laboratorio.

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 similare. 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.

### **60.1.6.3 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 kg/m<sup>2</sup> (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere 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.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

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.

### **60.1.7 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.

#### **60.1.7.1 Controllo delle forniture**

Oltre ai controlli iniziali necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non abbiano a verificarsi variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei Lavori. Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego o riciclati impiegati per la formazione del misto cementato, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nelle Tabella 60-9 e Tabella 60-10 per ogni tipo di controllo da effettuare, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

#### **60.1.7.2 Controlli delle miscele prelevate in fase di posa in opera**

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i controlli della distribuzione granulometrica dell'aggregato e la verifica delle caratteristiche di resistenza meccanica. La resistenza a compressione di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto dal CNR B.U. n.29/72. La resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori determinati su 4 provini, confezionati secondo quanto previsto dal B.U. CNR n.29/72 e portati a rottura secondo quanto previsto dal CNR B.U. n.97/84. I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori, ai sensi di quanto previsto al § 60.1.4

Il numero e la tipologia dei controlli da effettuare sul misto cementato prelevato al momento della posa in opera è riportato nella Tabella 60-11, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 60-9 Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei misti granulari di primo impiego**

Controllo	Frequenza	Requisiti
Aggregato grosso	Settimanale	Tabella 60-1
Aggregato fino	Settimanale	Tabella 60-2
Granulometria	Settimanale	Tabella 60-6

**Tabella 60-10 Frequenza dei controlli e requisiti delle forniture dei misti granulari riciclati**

Controllo	Frequenza	Requisiti
Materiali componenti	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 60-3.
Aggregato grosso	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 60-4
Aggregato fino	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 60-5
Granulometria	Iniziale e per ogni lotto impiegato	Tabella 60-7

### **60.1.7.3 Controlli prestazionali sugli strati finiti**

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO di laboratorio e attraverso il controllo della capacità portante. A compattazione ultimata, la massa volumica in sito 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 massa volumica sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22.

#### **Portanza e detrazioni**

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito siano non inferiori a quelle previste nel Progetto delle sovrastrutture e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa, ai sensi di quanto indicato al § 60.1.4. 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.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 60-11 Frequenza dei controlli e requisiti dei misti cementati prelevati nella fase di posa in opera**

Controllo	Frequenza	Requisiti
Granulometria miscela	Giornaliera oppure ogni 2500 m <sup>2</sup> di stesa	Curva granulometrica di progetto
Resistenza a compressione a 168 ore (CNR B.U. n.29/72)	Giornaliera oppure ogni 2500 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 60-8
Resistenza a trazione indiretta a 168 ore (Prova brasiliana) (CNR B.U. n.97/84) ( * )	Giornaliera oppure ogni 2500 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 60-8
( * ) I provini per la prova di trazione indiretta sono dello stesso tipo di quelli confezionati per la prova di compressione (CNR B.U. 29)		

A tale scopo, sono ammesse sia prove puntuali (prove di carico con piastra secondo la Norma CNR B.U. n. 146/92) sia prove ad elevato rendimento eseguite con il Falling Weight Deflectometer (ASTM D4694/96) per la determinazione del modulo elastico dinamico E. Sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato (prove di carico con piastra, rilievo delle deflessioni con Falling Weight Deflectometer), sia prove effettuate sullo strato ricoperto (con Falling Weight Deflectometer).

In ogni caso i valori dei moduli di deformazione  $M_d$  valutati al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm<sup>2</sup> secondo la Norma CNR B.U. n.146/1992, rilevati in un tempo compreso tra 3 e 12 ore dal termine della compattazione, non potranno essere inferiori ai valori limite riportati nella Tabella 60-12, o ai limiti indicati in Progetto quando questi ultimi siano superiori.

I valori del modulo elastico dinamico  $M_{ed}$  ricavati con il Falling Weight Deflectometer da rilievi effettuati dopo 7 giorni o dopo 60 giorni dalla posa in opera non potranno essere inferiori ai valori limite riportati nella Tabella 60-12, o ai valori indicati nel Progetto quando questi ultimi siano superiori.

In alternativa alle misure di portanza, è ammesso il controllo basato sulla resistenza a compressione e sulla resistenza a trazione indiretta del materiale prelevato all'atto della stesa, secondo le modalità di cui al paragrafo 60.1.6.2. Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, tutti i valori di portanza dello strato di misto cementato dovranno essere non inferiori ai valori limite previsti.

#### Tolleranze sui risultati

A discrezione della Direzione Lavori possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

Per ciascun tipo di prova, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella suddetta Tabella 60-12.

Negli altri casi si può accettare che su n. 5 risultati di una stessa prova di controllo n. 1 possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento da tali valori non ecceda:

- il 3%, per la misura del grado di addensamento;

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

- il 5%, per le misure del modulo  $M_d$  ;

Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico dinamico  $M_{ed}$ , ricavata da almeno 12 determinazioni, non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi, purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%.

**Tabella 60-12 Frequenza dei controlli e requisiti prestazionali degli strati finiti**

CONTROLLI	TRAFFICO				FREQUENZA
	PP	P	M	L	
<b>Grado di addensamento</b> $Y_d/Y_{dmax, laboratorio} [\%]$	≥ 98 % AASHO Mod.				Giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
<b>Modulo di deformazione</b> $M_d [N/mm^2]$ (da prova con piastra tra 3 e 12 ore dalla compattazione)	≥ 150	≥ 150	≥ 120	≥ 120	Giornaliera oppure ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa
	(o della prestazione prevista in progetto)				
<b>Modulo elastico dinamico</b> $M_{ed} [N/mm^2] (*)$ (da rilievi con FWD dopo 7 o 60 giorni dalla compattazione)	7 gg. $\geq 2000$ 60 gg. $\geq 3000$	7 gg. $\geq 1600$ 60 gg. $\geq 2500$	7 gg. $\geq 1300$ 60 gg. $\geq 2000$	7 gg. $\geq 1000$ 60 gg. $\geq 1500$	Ogni 250 m <sup>2</sup> di stesa
	(o della prestazione prevista in progetto)				
<b>Spessore a mezzo di carotaggi</b>	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	Ogni 500 m <sup>2</sup> di stesa
<b>Regolarità dei piani con regolo da 4 m (scostamento)</b>	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	Ogni 250 m <sup>2</sup> di stesa
(*) Per rilievi effettuati tra 7 e 60 giorni dalla posa in opera è ammessa l'interpolazione dei valori limite indicati per i moduli elastici equivalenti "E".					

In funzione del livello di traffico (ved. Tabella 60-12), o comunque sulla base delle indicazioni riportate all'interno della relazione specialistica che costituisce parte integrante del progetto, dovranno essere rispettati i valori minimi prestazionali richiesti a 60gg ( $M_{ed\ progetto}$ ). Se indichiamo con ( $M_{ed\ 60gg}$ ) il valore del modulo dinamico ottenuto a seguito delle risultanze sperimentali a 60gg, in caso di mancato raggiungimento di ( $M_{ed\ progetto}$ ) saranno applicate le seguenti **detrazioni**:

- |  |                          |
|--|--------------------------|
| • se $1.2 * M_{ed\ progetto} > M_{ed\ 60gg} \geq 0.95 * M_{ed\ progetto}$  | nessuna detrazione       |
| • se $M_{ed\ 60gg} > 1.2 * M_{ed\ progetto}$                               | 10% di detrazione        |
| • se $0.95 * M_{ed\ progetto} > M_{ed\ 60gg} \geq 0.90 * M_{ed\ progetto}$ | 10% di detrazione        |
| • se $0.90 * M_{ed\ progetto} > M_{ed\ 60gg} \geq 0.80 * M_{ed\ progetto}$ | 20% di detrazione        |
| • se $M_{ed\ 60gg} < 0.80 * M_{ed\ progetto}$                              | refacimento dello strato |

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

#### Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto nel Progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati.

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 5%. 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 mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa. Salvo documentata diversa prescrizione della Direzione Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella 60-12.

## **60.2 MISCELE OTTENUTE DA RICICLAGGIO IN SITO DEL MISTO CEMENTATO E/O GRANULARE CON AGGIUNTA DI CEMENTO E ACQUA**

Il riciclaggio in sito viene realizzato mediante idonee attrezzature che consentono di miscelare, anche in cassonetti ricavati da pavimentazioni preesistenti, il misto cementato o il misto granulare costituenti la preesistente fondazione, con cemento ed eventuali inerti freschi ed acqua, omogeneizzare, stendere per tutta la larghezza e la profondità prevista e compattare la miscela ottenuta per uno spessore massimo di 25 cm. In alternativa si potranno usare materiali fresati di pavimentazioni bituminose; in questo caso si possono accettare resistenze minori di quelle indicate nel seguito, ma con conseguente aumento degli spessori legati, in modo da ottenere comunque le caratteristiche di portanza specificate al §60.1.7.

Macchine che non operino nel modo suddetto potranno essere allontanate dal cantiere a insindacabile giudizio della Direzione Lavori.

### **60.2.1 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI**

#### **60.2.1.1 Misto riciclato**

Per misto riciclato si deve intendere quello proveniente dalla demolizione, anche parziale, della pavimentazione preesistente, eseguita con idonee macchine fresatrici. Prima del suo reimpiego, il misto riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni maggiori al diametro massimo previsto per

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

la miscela; occorrerà, inoltre, verificare sia l'assenza di terre plastiche (argille) che andranno allontanate qualora presenti, sia la rispondenza alle prescrizioni granulometriche ( UNI EN 933-1: 1999 ) indicate nel fuso riportato in seguito. La percentuale di misto riciclato che s'intende utilizzare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare prima dell'inizio dei lavori.

#### **60.2.1.2 Inerti d'integrazione**

Qualora le caratteristiche del misto non rispondano a tali indicazioni, si deve operare mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto.

Gli inerti di integrazione devono provenire esclusivamente da frantumati di cava (frantumazione 100%) e possono appartenere sia all'insieme degli aggregati grossi che a quello degli aggregati fini. Gli inerti d'integrazione devono essere conformi a quanto richiesto dalle specifiche tecniche riportate in precedenza al §60.1.2.

Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

#### **60.2.1.3 Cemento**

Deve essere impiegato cemento con classe di resistenza 325, appartenente ad uno dei seguenti tipi, elencati nella norma UNI EN 197-1: 2001 :

- tipo I (Portland);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);

Per l'accettazione del cemento valgono le indicazioni riportate al punto 60.1.2.3.

#### **60.2.1.4 Acqua**

Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

### **60.2.2 STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO**

La formulazione della miscela deve essere ottenuta mediante uno specifico studio che preveda:

- prelievo, sulla tratta interessata dai lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio degli stessi, di materiale sciolto fresato in sito per la determinazione dell'umidità (CNR UNI 10008/63) e della curva granulometrica del materiale. Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite sulla tratta interessata dai lavori almeno ogni 500 m ed in caso di disomogeneità della miscela, intensificate.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

- definizione della curva granulometrica di progetto con eventuale previsione di aggiunta di inerti d'integrazione. La miscela dei misti da riciclare e degli aggregati di primo impiego deve avere una granulometria contenuta nel fuso riportato nella Tabella 60-13.

**Tabella 60-13 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati**

Serie stacci UNI (mm)	Passante totale in peso
63	100
32	75/100
20	60/87
8	35/67
4	25/50
2	15/40
0.5	7/22
0.063	2/10

- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento e relativa massa volumica massima secca della miscela di progetto mediante prove AASHTO di laboratorio (CNR B.U. n° 69/78). La miscela granulometrica sottoposta alla prova AASHTO deve contenere una percentuale di cemento pari circa alla metà di quella ottimale.

La determinazione della percentuale ottimale di cemento deve essere eseguita compattando la miscela, privata del trattenuto al crivello UNI 30 mm, entro stampi CBR (CNR-UNI 10009:1964) impiegati senza disco spaziatore, all'umidità ottimale determinata con la prova AASHTO Mod.. Dovranno essere confezionate più serie di provini incrementando di volta in volta la percentuale di cemento (indicativamente dell'1%) riferita alla massa secca della miscela degli inerti, facendo in modo che la percentuale di umidità dell'impasto non sia mai superiore a quella misurata sulla curva di massima densità. Per ogni percentuale di cemento devono essere confezionati 18 provini. I provini così confezionati devono essere estratti dallo stampo dopo 24 ore: di essi 6 sono successivamente stagionati per altri 2 giorni e 6 sono stagionati per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20°C). Di ogni provino, appena confezionato, deve essere immediatamente determinata la massa volumica secca espressa in g/cm<sup>3</sup> (CNR B.U. n° 29/72). Le rotture dei provini devono avvenire secondo le modalità riportate nella Tabella 60-14 .

**Tabella 60-14 Tempi di esecuzione delle prove**

Rottura a compressione ( CNR B.U. n° 29/72)	Rottura a trazione indiretta (Brasiliana)  ( CNR B.U. n° 97/84)
--	--



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Tempo di stagionatura	N° provini	N° provini
24 ore	3	3
72 ore	3	3
168 ore	3	3

La miscela ottimale deve possedere i requisiti riportati nella Tabella 60-15. Dai dati di laboratorio relativi alla miscela ottimale si ricavano la curva granulometrica, la massa volumica e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo. Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a  $7.5 \text{ N/mm}^2$ . Nel caso in cui la miscela debba essere impiegata 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 509a.

### 60.2.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla D.L., 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 accettata dalla D.L. la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di  $\pm 10$  punti per il misto riciclato e di  $\pm 5$  punti per gli aggregati d'integrazione. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

**Tabella 60-15 Requisiti meccanici della miscela ottimale**

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 168 ore	CNR 29/72	$2.5 \leq R_c \leq 4.5$ $\text{N/mm}^2$
Resistenza a trazione indiretta a 168 ore (Prova Brasiliana) <sup>2</sup>	CNR 97/84	$R_t \geq 0.25 \text{ N/mm}^2$

### 60.2.4 ESECUZIONE DEI LAVORI

#### 60.2.4.1 Confezione e posa in opera delle miscele

Il riciclaggio in sito deve essere realizzato mediante idonee attrezzature che consentano di miscelare, omogeneizzare e stendere le miscele ottenute in modo da ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti alla segregazione degli elementi litoidi più grossi. La miscela deve essere stesa con spessori massimi di 25 cm: potranno essere richiesti altri spessori, purchè non inferiori a 20 cm e non superiori a 30 cm. Una volta steso, lo strato deve essere immediatamente compattato con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

di addensamento e le prestazioni richieste. In generale, è preferibile che le operazioni di addensamento siano eseguite prima con rullo a ruote vibranti e dopo con rullo gommato; in alternativa si possono utilizzare rulli misti vibranti-gommati. L'idoneità dei mezzi e delle modalità di costipamento verrà determinata dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati ottenuti durante la stesa delle miscele. 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 durante la stesa. Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

<sup>2</sup> I provini per la prova di trazione indiretta sono identici a quelli impiegati per la prova di compressione (CNR BU 29)

#### **60.2.4.2 Protezione dello strato**

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura deve essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione acida al 55% in ragione di 1 ÷ 2 kg/m<sup>2</sup> ed un successivo spargimento di sabbia. Le lavorazioni successive e l'apertura al traffico dipenderà dalle resistenze raggiunte e comunque saranno decise di volta in volta.

#### **60.2.5 CONTROLLI**

Il controllo della qualità delle miscele riciclate 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 sito.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. Il controllo della qualità degli inerti d'integrazione deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati dall'autocarro in cantiere. L'ubicazione dei prelievi e il numero dei controlli sono riportati nella Tabella 60-16 salvo diversa e documentata prescrizione da parte della Direzione Lavori. Per i controlli della miscela riciclata sfusa prelevata dalla miscelatrice al momento della stesa e per i controlli prestazionali sugli strati finiti, vale quanto indicato ai paragrafi 60.1.7.2 e 60.1.7.3.

**Tabella 60-16 Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

TUTTE LE STRADE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregati di integrazione	Autocarro	Settimanale	Tabella 60-1 e Tabella 60-2
Misto riciclato	Fresatrice	Giornaliera	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Miscela riciclata	Miscelatrice	Giornaliera	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
-------------------	--------------	-------------	---

### **60.3 MISCELE OTTENUTE DA RICICLAGGIO A FREDDO IN SITO DI MISTI GRANULARI E/O CEMENTATI CON BITUME SCHIUMATO E CEMENTO**

Il riciclaggio in sito a freddo viene realizzato mediante idonee attrezzature mobili (con miscelatore a volume variabile) che consentano di miscelare in sito la fondazione esistente, sia legata che stabilizzata granulometricamente (o la medesima integrata con materiale bituminoso fresato), con aggiunta di bitume schiumato, cemento, acqua e se necessario inerti freschi, di omogeneizzare, stendere e compattare la miscela così ottenuta.

#### **60.3.1 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI**

##### **60.3.1.1 Misto riciclato**

Per misto riciclato si deve intendere quello proveniente dalla demolizione, anche parziale, della fondazione preesistente, eseguita con idonee macchine fresatrici. Prima del suo reimpiego, il misto riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni maggiori al diametro massimo previsto per la miscela; occorrerà, inoltre, verificare sia l'assenza di terre plastiche (argille) che andranno allontanate qualora presenti, sia la rispondenza alle prescrizioni granulometriche ( UNI EN 933-1: 1999 ) indicate nel fuso riportato in seguito. Saranno utilizzabili anche materiali fresati dagli strati superiori alla preesistente fondazione. In questo caso, detti materiali verranno accumulati sul fianco del cavo e rimessi nel medesimo dopo asportazione della fondazione preesistente, non contenente materiali bituminosi. Particolare cura verrà posta nel riposizionamento del fresato, onde evitare l'inquinamento delle miscele da materiale estraneo. Le percentuali di misto riciclato ed, eventualmente, di materiali fresati che s'intende utilizzare devono essere obbligatoriamente dichiarate nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare prima dell'inizio dei lavori.

##### **60.3.1.2 Inerti d'integrazione**

*Qualora la curva granulometrica del misto riciclato non consenta la realizzazione della curva di progetto si deve operare mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso riportato in Tabella 60-19. Gli inerti di integrazione devono provenire esclusivamente da frantumati di cava (frantumazione 100%) e possono appartenere sia all'insieme degli aggregati grossi che*

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

*a quello degli aggregati fini. Gli inerti di integrazione devono essere conformi a quanto richiesto dalle specifiche tecniche riportate in precedenza al §60.1.2*

*Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.*

### 60.3.1.3 Bitume schiumato

*La "schiuma di bitume" è prodotta dalle reazioni fisiche di un bitume 80-100, denominato di "base modifica" e avente le caratteristiche riportate in Tabella 60-17, mediante la polverizzazione delle sue molecole con acqua in pressione. Il processo si realizza all'interno di una particolare camera di espansione mediante il contatto del bitume a circa 180 °C con acqua ad alta pressione. Il bitume da impiegare deve avere caratteristiche e prestazioni tali da garantire al prodotto finito i parametri di seguito richiesti. Esso deve rispondere alle prescrizioni riportate in Tabella 60-18:*

**Tabella 60-17 Caratteristiche del bitume 80-100 "base modifica"**

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0,1 mm	EN1426	80-100
Punto di rammollimento	°C	EN1427	40-44
Punto di rottura (Fraass)	°C	EN12593	≤ - 8
Solubilità in Tricloroetilene	%	EN12592	≥ 99
Viscosità dinamica a160°C, gradiente di velocità $g \square = 10s^{-1}$	Pa*s	EN13702-2	≤ 0,1
<b>Valori dopo RTFOT <sup>(*)</sup></b>			
Perdita per riscaldamento(volatilità) a163°C	%	EN12607-1	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	%	EN1426	≥ 50
Incremento del Punto di rammollimento	°C	EN1427	≤ 9
(*)Rolling Thin Film Oven Test (prEN 12607- 1:1999)			

**Tabella 60-18 Requisiti del bitume schiumato**

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Rapporto di espansione <sup>(*)</sup>		Wirtgen	≥ 20
Tempo di semitrasformazione <sup>(**)</sup>	sec	Wirtgen	≥ 25

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

(\*) Le caratteristiche di espansione ottimali del bitume devono essere determinate in un campo di temperature variabile tra 170 e 190 °C (prima dell'espansione), e con percentuali di acqua compresa tra 1% e 4% in peso sul bitume.

(\*\*) Tempo necessario per dimezzare l'espansione del bitume

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 di fiducia dell'Amministrazione.

#### **60.3.1.4 Cemento**

*Deve essere impiegato cemento con classe di resistenza 325, appartenente ad uno dei seguenti tipi, elencati nella norma UNI EN 197-1: 2001 :*

- tipo I (Portland);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);

*Per l'accettazione del cemento valgono le indicazioni riportate al §60.1.2 .*

#### **60.3.1.5 Acqua**

*Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.*

### **60.3.2 STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO**

*La formulazione della miscela deve essere ottenuta mediante uno specifico studio che preveda:*

- *prelievo, mediante fresatura, sulla tratta interessata dai lavori, di materiale sciolto fresato per la determinazione della curva granulometrica (UNI EN 933-1) e dell'umidità naturale (CNR UNI 10008/63). Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite sulla tratta interessata dai lavori almeno ogni 500 m ed in caso di disomogeneità della miscela, intensificate;*
- *definizione della curva granulometrica di progetto con previsione di eventuale aggiunta di inerti d'integrazione. La miscela dei materiali da riciclare e degli aggregati di primo impiego deve avere una curva granulometrica contenuta nel fuso riportato nella Tabella 60-19 e andamento continuo. Dopo la compattazione devono essere eseguiti controlli granulometrici per correggere eventuali variazioni;*

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 60-19 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati**

<i>Serie stacci UNI (mm)</i>	<i>Passante totale in peso</i>
63	100
32	85/100
20	75/95
12	65/87
8	50/75
4	30/55
2	22/37
0.5	10/20
0.063	5/10

- *determinazione delle percentuali ottimali di bitume schiumato, cemento ed acqua: per ciascuno dei tre periodi di maturazione, specificati di seguito, si confeziona una serie di 54 provini di miscela essiccata (granulometria di progetto) con quantità crescenti di bitume schiumato, cemento ed acqua, come specificato nella Tabella 60-20 utilizzando la pressa giratoria con le condizioni di prova riportate nella Tabella 60-21.*

*Ferme restando le percentuali di cemento, le altre possono variare in funzione della natura e della granulometria da riciclare.*

*Le tre serie di 54 provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C rispettivamente per 24h, 48h e 72h e successivamente essere utilizzati per le seguenti prove:*

- *n.ro 3 provini per la prova di resistenza a trazione indiretta (CNR 97/84) a 25 °C, dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25 °C;*
- *n.ro 3 provini per la determinazione della massa volumica e della percentuale dei vuoti residui.*

*La miscela ottimale deve rispondere ai requisiti riportati in Tabella 60-22. Con la miscela ottimale si devono confezionare altri 6 provini (maturati per 72 ore a 40°C) per le seguenti ulteriori determinazioni:*

- *n.ro 3 provini per la perdita di resistenza per imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio; la resistenza a trazione indiretta deve risultare almeno il 70% di quella ottimale;*
- *n.ro 3 provini per la determinazione del valore assoluto del modulo complesso (UNI EN 12697-26:2004) che deve risultare, in linea indicativa, maggiore dei valori minimi riportati in Tabella 60-23 :*

**Tabella 60-20 Serie di provini da confezionare per ciascun periodo di maturazione**

Cemento %	1,5	2,0	2,5
-----------	-----	-----	-----

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

<i>Bitume schiumato %</i>	2	2	2	3	3	3	4	4	4
<i>Umidità %</i>	4	5	6	4	5	6	4	5	6
<i>Provini n°</i>	6	6	6	6	6	6	6	6	6

**Tabella 60-21 Condizioni di prova per la preparazione dei provini con pressa giratoria**

<i>Angolo di rotazione</i>	1.25 ° ± 0.02 °
<i>Velocità di rotazione</i>	30 rotazioni al minuto
<i>Pressione verticale</i>	600 kPa
<i>Dimensioni provino</i>	150 mm
<i>n° giri</i>	180
<i>Peso campione</i>	4500 g comprensivo di bitume, cemento e acqua

**Tabella 60-22 Requisiti della miscela ottimale**

<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Valore</i>
<i>Resistenza a trazione diametrale Rt a 72 ore di maturazione</i>	CNR 27/84	≥ 0.4 N/mm <sup>2</sup>
<i>Coefficiente di trazione indiretta CTI a 72 ore di maturazione</i>	CNR 27/84	≥ 60 N/mm <sup>2</sup>

**Tabella 60-23 Valori minimi indicativi del modulo complesso**

<i>Temperatura °C</i>	0			10			20		
<i>Frequenza Hz</i>	1	10	20	1	10	20	1	10	20
<i>Modulo complesso MPa</i>	≥ 6000	≥ 6800	≥ 7000	≥ 2700	≥ 3500	≥ 3600	≥ 1700	≥ 2400	≥ 2600

*I valori di massa volumica geometrica a 180 giri e di resistenza meccanica della miscela ottimale, desunti dai risultati delle prove eseguite su campioni maturati per 72 ore a 40°C, costituiscono i parametri di progetto per i successivi controlli durante l'esecuzione dei lavori e sull'opera finita.*

### 60.3.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

*L'Impresa è tenuta a presentare alla D.L., 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.*

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

*Una volta accettata dalla D.L. la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di +/- 10 per i materiali riciclati e di +/- 5 per gli aggregati d'integrazione. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa secondo le modalità e le frequenze indicate nella Tabella 60-12.*

#### **60.3.4 ESECUZIONE DEI LAVORI**

Il riciclaggio in sito deve essere realizzato mediante idonee attrezzature mobili costituite da: macchina fresatrice, impianto di vagliatura e miscelazione semovente (miscelatore a volume variabile), vibrofinitrice e rulli che consentano di miscelare, omogeneizzare e stendere le miscele ottenute.

*La posa in opera della miscela deve essere effettuata possibilmente con una sola passata (con macchine a tutta larghezza) per evitare il giunto longitudinale e problemi di planarità della superficie, mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti alla segregazione degli elementi litoidi più grossi; nel caso di uso di miscelatrici più strette della larghezza da trattare, si dovrà operare in due o più passate, curando una certa sovrapposizione (per qualche decina di centimetri) delle strisciate contigue; nel caso di uso di fresato accumulato sul fianco del cavo e risteso nel medesimo, dopo asportazione del materiale preesistente, si dovrà operare una sua regolarizzazione al grader e successiva leggera compattazione, prima di operare con la miscelatrice. La miscela consente, se mantenuta umida, tempi di stoccaggio definibili di volta in volta in funzione del cemento presente anche di qualche ora; il materiale appena miscelato deve essere immediatamente compattato mediante un rullo gommato insieme ad un rullo metallico o combinato. In alternativa potranno essere impiegati rulli misti vibranti - gommati. L'idoneità dei mezzi e delle modalità di costipamento verrà determinata dalla D.L. sulla base dei risultati ottenuti durante la stesa delle miscele.*

*Durante la compattazione, nel caso di temperature elevate, è necessario umidificare il piano per migliorare l'addensamento.*

*Al termine del costipamento e della rifinitura deve essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione acida al 55% in ragione di  $1 \div 2 \text{ kg/m}^2$ . La lavorazione consente dopo compattazione un immediato traffico di cantiere ed in caso di emergenza, per breve tempo, anche il traffico normale. Lo spessore finale della fondazione dovrà essere compreso tra 20 cm e 30 cm.*

#### **60.3.5 CONTROLLI**

Il controllo della qualità delle miscele riciclate a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio e in sito. Le prove di laboratorio interesseranno i materiali costituenti, la miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa e le carote estratte dalla pavimentazione.

##### **60.3.5.1 Controlli delle miscele prelevate in fase di posa in opera**



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

*Il prelievo della miscela riciclata avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni prelevati dalla miscelatrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i controlli della distribuzione granulometrica della miscela (riciclato e inerte di integrazione), della massa volumica, delle caratteristiche geometriche a 180 giri e della resistenza meccanica, da confrontare con quelle della miscela di progetto. I valori rilevati in sede di controllo, determinati come media dei valori di 4 provini, dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori, ai sensi di quanto previsto al paragrafo 60.3.3. L'ubicazione dei prelievi e il numero dei controlli da eseguire anche sugli aggregati di integrazione e sul misto riciclato, sono riportati nella Tabella 60-24 salvo diversa e documentata prescrizione da parte della Direzione Lavori.*

**Tabella 60-24 Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

TUTTE LE STRADE			
TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Aggregati di integrazione	Autocarro	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 60-1 e Tabella 60-2
Misto riciclato	Fresatrice	Giornaliera	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Miscela riciclata	Miscelatrice	Giornaliera	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Bitume	Autobotte	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 60-17 e Tabella 60-18

#### **60.3.5.2 Controllo prestazionale sugli strati finiti**

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto rispetto al riferimento desunto dalle prove di laboratorio con la pressa giratoria e attraverso il controllo della capacità portante. A compattazione ultimata, la massa volumica secca in sito non deve essere inferiore al 98% di quella della miscela di progetto (§ 60.3.2) dichiarata prima dell'inizio dei lavori. Le misure della massa volumica sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR n° 22.

#### **Portanza e detrazioni**

*Per il controllo della capacità portante, vale quanto riportato al paragrafo 60.1.7.3, salvo il fatto che, nel caso in cui siano eseguite prove di portanza per la determinazione del modulo elastico dinamico ( $M_{ed}$ ), si potrà seguire la stessa procedura di prova di cui*

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

al paragrafo 60.1.7 e la media dei valori del modulo dello strato, su ciascun tronco omogeneo, non dovrà essere inferiore ai valori riportati in Tabella 60-25.

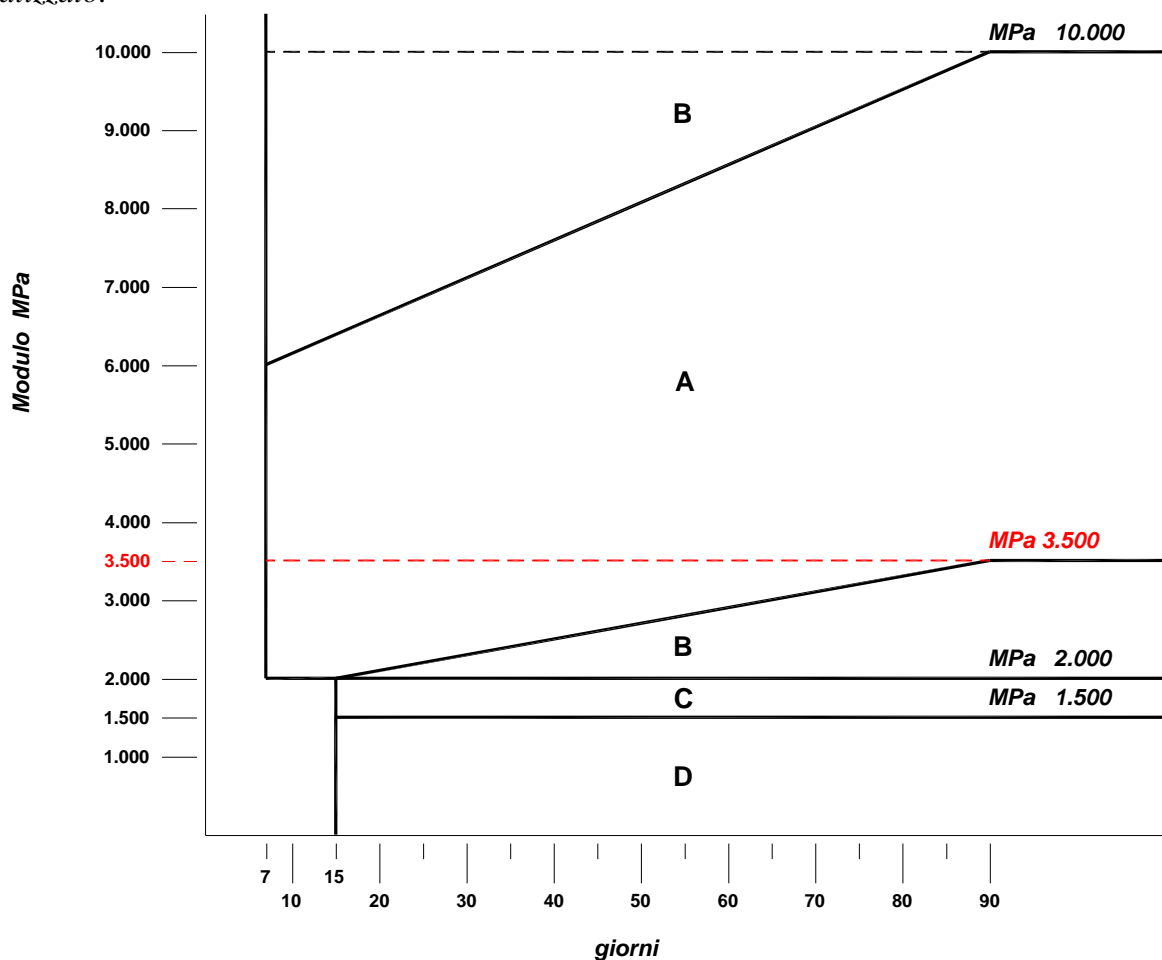
**Tabella 60-25 Valori minimi del modulo elastico dinamico  $M_{ed}$**

TEMPO DI MATURAZIONE	MODULO (Mpa)
Da 12 a 24 ore	300
Da 24 a 48 ore	500
Dopo 90 giorni	3500

La media dei valori di modulo sui tronchi omogenei dovrà essere quella compresa nell'area "A" della figura seguente.

Se i valori ricadono nell'area "B" lo strato (ed il pacchetto che lo ricopre) saranno soggetti a detrazione economica del 10% del prezzo per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce. Qualora i valori ricadano nell'area "C" lo strato in oggetto e quelli sovrastanti saranno oggetto di detrazione economica del 20%.

Qualora i valori ricadano nell'area "D" lo strato in oggetto dovrà essere nuovamente realizzato.



In alternativa alle misure di portanza, è ammesso il controllo della resistenza a trazione indiretta e del modulo complesso della miscela prelevata all'atto della stesa. La

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

*resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori ottenuti da tre provini confezionati con pressa giratoria seguendo le condizioni riportate al paragrafo 60.3.2 e portati a rottura, dopo maturazione per 72 h a 40 °C, mediante prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (CNR 97/84).*

*Il valore del modulo complesso sarà ottenuto come media dei valori dei moduli ottenuti da tre provini confezionati con pressa giratoria e testati dopo maturazione per 72 h, seguendo la procedura prevista nel prEN 12697-26.*

*Per le tolleranze sui risultati delle prove di controllo e di esecuzione dei piani di progetto vale quanto riportato al paragrafo 60.1.7.3.*

#### **60.4 MISCELE OTTENUTE DA RICICLAGGIO A FREDDO IN SITO DI MATERIALI PREESISTENTI CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA E CON AGGIUNTA DI CEMENTO**

*Il riciclaggio in sito a freddo viene realizzato mediante idonee attrezzature che consentano di miscelare in sito misti cementati, misti granulari o altri materiali anche bitumati, preesistenti nel luogo, con emulsione bituminosa e cemento, ed eventuali inerti freschi, additivi ed acqua, di omogeneizzare, stendere e compattare la miscela ottenuta.*

##### **60.4.1 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI**

###### **60.4.1.1 Misto riciclato**

*Per misto riciclato si deve intendere quello proveniente dalla demolizione, anche parziale, della fondazione preesistente, eseguita con idonee macchine fresatrici. Prima del suo reimpiego, il misto riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni maggiori al diametro massimo previsto per la miscela; occorrerà, inoltre, verificare sia l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille) che andranno allontanate qualora presenti, sia la rispondenza alle prescrizioni granulometriche ( UNI EN 933-1: 1999 ) indicate nel fuso riportato in Tabella 60-27. Saranno utilizzabili anche materiali fresati dagli strati superiori alla preesistente fondazione. In questo caso, detti materiali verranno accumulati sul fianco del cavo e rimessi nel medesimo dopo asportazione della fondazione preesistente, non contenente materiali bituminosi. Particolare cura verrà posta nel riposizionamento del fresato, onde evitare l'inquinamento delle miscele da materiale estraneo. Le percentuali di misto riciclato ed, eventualmente, di materiali fresati che s'intende utilizzare devono essere obbligatoriamente dichiarate nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare prima dell'inizio dei lavori.*

###### **60.4.1.2 Inerti d'integrazione**

Qualora la curva granulometrica del misto riciclato non consenta la realizzazione della curva di progetto si dovrà operare mediante l'aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso di Tabella 60-27. Gli

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

inerti d'integrazione devono provenire esclusivamente da materiali di cava frantumati (frantumazione 100%) e devono essere conformi a quanto richiesto dalle specifiche tecniche riportate in precedenza al § 60.1.2. La loro quantità non deve superare il 30% in peso della miscela. Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

#### 60.4.1.3 Bitume

Il bitume finale deve essere costituito da quello presente nel materiale fresato integrato con quello proveniente dall'emulsione bituminosa cationica sovrastabilizzata. L'emulsione deve rispondere alle caratteristiche indicate nella Tabella 60-26.

**Tabella 60-26 Caratteristiche dell'emulsione bituminosa**

Emulsione bituminosa			
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>unità di misura</i>	<i>valori</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	%	40+/-2%
Contenuto di legante bituminoso	EN 1431	%	60+/-2%
Contenuto flussante	EN 1431	%	0 %
Omogeneità	EN 1429	%	< 0,2%
Sedimentazione a 7 gg	UNI EN 12847	%	< 10%
PH (grado di acidità)	EN 12850		2 ÷ 4
Cement mix	EN 12848	%	0% resiste
<i>Residuo bituminoso</i>			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	Dmm	50 - 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 60
Punto di rottura (Frass)	EN 12593	°C	≤ - 10
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	> 50
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 100s^{-1}$	EN 12593	Pa•s	≤ 0.2

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 di fiducia dell'Amministrazione.

#### 60.4.1.4 Cemento

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

E' da considerarsi un additivo catalizzatore di processo, importante per regolare i tempi di rottura dell'emulsione che divengono più o meno critici in relazione al tipo di applicazione.

Nel riciclaggio a freddo deve essere impiegato cemento con classe di resistenza 325, appartenente ad uno dei seguenti tipi, elencati nella norma UNI EN 197-1/2001 :

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

Per l'accettazione del cemento valgono le prescrizioni riportate nel paragrafo 60.2.1.

#### **60.4.1.5 Acqua**

Deve essere impiegata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

### **60.4.2 STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO**

La formulazione della miscela (granulometria del misto riciclato e degli inerti d'integrazione, percentuale di emulsione bituminosa, di cemento e di acqua) deve essere ottenuta mediante uno specifico studio che preveda:

- *prelievo, mediante fresatrice, sulla tratta interessata dai lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio degli stessi, di materiale sciolto fresato per la determinazione della curva granulometrica (UNI EN 933-1) e dell'umidità naturale (CNR UNI 10008/63). Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente le determinazioni sopra riportate devono essere eseguite sulla tratta interessata dai lavori almeno ogni 500 m ed in caso di disomogeneità della miscela, intensificate;*
- *definizione della curva granulometrica di progetto con previsione di eventuale aggiunta di inerti d'integrazione. La curva granulometrica della miscela finale deve essere compresa nel fuso riportato in Tabella 60-27 e avere andamento continuo.*

Dopo la compattazione devono essere eseguiti controlli granulometrici per correggere eventuali variazioni.

**Tabella 60-27 Requisiti granulometrici della miscela di aggregati**

Serie stacci UNI (mm)	Passante totale in peso
63	100
32	80/100
20	75/90
12	52/78
8	40/68
4	30/55
2	18/40
0.5	8/22
0.063	3/10

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

- *determinazione della percentuale ottimale di emulsione, cemento ed acqua: si confezionano provini di miscela essiccata (granulometria di progetto) con quantità crescenti di emulsione bituminosa, cemento ed acqua, come specificato nella tabella Tabella 60-28 per ciascun periodo di maturazione indicato in seguito, utilizzando la pressa giratoria con le condizioni di prova riportate in*
- **Tabella 60-29.**

**Tabella 60-28 Serie di provini da confezionare per ciascun periodo di maturazione**

Cemento %	1,5			2,0			2,5		
Bitume % proveniente dall'emulsione	1,5	1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5
Umidità % complessiva	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Provini n°	6	6	6	6	6	6	6	6	6

**Tabella 60-29 Condizioni di prova per la preparazione dei provini**

Angolo di rotazione	1.25 ° ± 0.02 °
Velocità di rotazione	30 rotazioni al minuto
Pressione verticale	600 kPa
Dimensioni provino	150 mm
n° giri	180
Peso campione	4500 g comprensivo di emulsione e acqua

Ferme restando le percentuali di cemento, le altre possono variare in funzione della natura e della granulometria da riciclare. Ciascuna serie di provini così confezionata deve subire una maturazione a 40 °C per 24h, 48h e 72h e successivamente essere utilizzata per le seguenti prove:

- *n.ro 3 provini per la determinazione della resistenza a trazione indiretta a 25 °C dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25 °C ;*
- *n.ro 3 provini per la determinazione della massa volumica geometrica di riferimento a 180 giri e della percentuale dei vuoti residui.*

La miscela ottimale deve rispondere ai requisiti riportati in Tabella 60-30.

**Tabella 60-30 Requisiti della miscela ottimale**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a trazione diametrale Rt a 72 ore di maturazione	<i>CNR</i> <i>27/84</i>	≥ 0.4 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di trazione indiretta CTI a 72 ore di maturazione	<i>CNR</i> <i>27/84</i>	≥ 60 N/mm <sup>2</sup>

Con la miscela ottimale, ottenuta in base ai risultati delle prove eseguite sui provini maturati per 72 ore a 40 °C, si devono confezionare altri 6 provini (maturati per 72 h a 40°C) per le seguenti ulteriori determinazioni:

- *n.ro 3 provini per la perdita di resistenza per imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio. La resistenza a trazione indiretta deve risultare almeno il 70% di quella ottimale;*
- *n.ro 3 provini per la determinazione del modulo complesso (valore assoluto) che deve risultare, in linea indicativa, maggiore dei valori minimi riportati in Tabella 60-31.*

**Tabella 60-31 Valori minimi indicativi del modulo complesso**

Temperatura °C	0			10			20		
	1	10	20	1	10	20	1	10	20
Modulo complesso MPa	≥6000	≥ 6800	≥7000	≥ 2700	≥ 3500	≥ 3600	≥ 1700	≥ 2400	≥ 2600

Per l'individuazione dei tempi di apertura al traffico, sulla miscela ottimale devono essere confezionati con le stesse modalità di cui sopra 3 provini da sottoporre a maturazione per 24h a 20 °C e rotti con sistema diametrale a 25 °C (dopo termostatazione per 4 ore in forno a 25 °C). I requisiti richiesti sono riportati in Tabella 60-32 .

#### **60.4.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE**

L'Impresa è tenuta a presentare alla D.L., 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 accettata dalla D.L. la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni delle singole percentuali dei trattenuti di +/- 10 per i materiali riciclati e di +/- 5 per gli aggregati d'integrazione. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

quella di progetto di +/- 0.25. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa.

**Tabella 60-32 Requisiti della miscela ottimale per l'individuazione dei tempi di apertura al traffico**

<b>Parametro</b>	<b>Normativa</b>	<b>Valore</b>
Resistenza a trazione diametrale Rt a 24 ore di maturazione	CNR 27/84	> 0.18 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente di trazione indiretta CTI a 24 ore di maturazione	CNR 27/84	> 20 N/mm <sup>2</sup>

#### **60.4.4 ESECUZIONE DEI LAVORI**

La messa in opera della miscela deve essere effettuata mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione di elementi litoidi più grossi.

La miscela appena stesa deve essere immediatamente compattata mediante un rullo vibrante di peso > 18 t con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione, insieme ad un rullo gommato di carico statico > 25 t. I rulli impiegati devono garantire l'ottenimento delle massa volumica di progetto.

Con temperatura dell'aria inferiore ai 5°C la lavorazione della miscela deve essere sospesa e comunque sempre in caso di pioggia. Lo spessore finito dello strato dovrà essere di 15 cm. Spessori più alti saranno accettati purché sia presente una certa drenabilità dei supporti (per lo smaltimento delle acque in eccesso) e siano usate macchine con mescolatori abbastanza capienti per consentire il raggiungimento di buone mescolazioni anche alle profondità più elevate di 15 cm.

L'apertura alle successive lavorazioni e/o traffico va valutata di volta in volta.

#### **60.4.5 CONTROLLI**

Valgono le prescrizioni di cui al paragrafo 60.3.5

### **Articolo 61**

## **STRATI DELLA PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO**

### **61.1 GENERALITA' E DEFINIZIONI**



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

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

Essi si distinguono in conglomerati bituminosi “tradizionali”, se confezionati con bitume semisolido (tal quale) e conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni, se confezionati con bitume modificato. Per i conglomerati ad elevate prestazioni sono previsti due tipi di legante, uno a modifica “Medium” ed uno a modifica “Hard”. Esistono altri tipi di conglomerati bituminosi a caldo per la formazione di manti di usura speciali e/o di tipo sperimentale che costituiscono l’oggetto del successivo Articolo 62.

## **61.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI**

### **61.2.1 AGGREGATI**

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all’eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi.

**Aggregato grosso:** designazione attribuita agli aggregati di dimensione  $d$  uguale o maggiore di 1 mm e  $D$  maggiore di 2 mm, dove con  $d$  si indica la dimensione dello staccio inferiore e con  $D$  quella dello staccio superiore.

Deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, 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 Tabella 61-1, Tabella 61-2 e Tabella 61-3. Per la miscela di aggregato grosso utilizzata negli strati di usura deve essere misurato il valore di CLA per ogni pezzatura utilizzata, compresa la sabbia (roccia di provenienza) ed il fresato: il valore di CLA misurato sulle singole pezzature, escluso il passante a 6.3 mm, deve essere  $\geq 40$ . Il valore del CLA medio di riferimento della miscela di inerti  $> 2$  mm, indicato in Tabella 61-3, viene calcolato con la seguente procedura:

- Si misura la massa volumetrica apparente di tutte le pezzature escludendo il passante a 2 mm;
- La somma delle percentuali d’impiego per la costruzione della curva granulometrica di progetto di ogni singola pezzatura viene riportata a 100%, in quanto mancanti del passante a 2 mm;
- Le nuove percentuali d’impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche utilizzando le masse volumetriche apparenti, determinate all’inizio della procedura, e vengono riportate anch’esse a 100% ;
- Il valore CLA viene calcolato dalla sommatoria dei prodotti delle percentuali volumetriche di ogni pezzatura utilizzata (compresa la sabbia) per il relativo valore di CLA, divisi per 100 ( $(\sum CLA_i * MVA_i) / 100$ ).

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Nello strato di usura, per ottenere i valori di CLA medio la miscela finale degli aggregati potrà contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica. In alternativa all'uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa "resistente" o materiali simili, scorie d'altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale (CLA  $\geq$  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 essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

**Aggregato fine:** designazione attribuita agli aggregati di dimensione d uguale a zero e D minore o uguale a 6.3 mm. Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nelle Tabella 61-4, Tabella 61-5 e Tabella 61-6. Per gli aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto allo staccio 2 mm non deve superare il 10 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di CLA  $\leq$  40.

**Tabella 61-1 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di base**

Indicatori di qualità			Livelli di traffico		
Parametro	Normativa	Unità di misura	PP e P	M	L
Los Angeles (*)	UNI EN 1097-2	%	$\leq 25$	$\leq 30$	$\leq 40$
Micro Deval Umida (*)	UNI EN 1097-1	%	$\leq 20$	$\leq 25$	$\leq 35$
Quantità di frantumato	-	%	$\geq 90$	$\geq 70$	50
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	40	40	40
Resistenza al gelo (DS <sub>1a</sub> )	UNI EN 1367-1	%	$\leq 30$	$\leq 30$	$\leq 30$
Spogliamento	UNI EN 12697-1	%	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 5$
Passante allo 0.063	EN 933-1	%	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 2$

(\*) 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.

**Tabella 61-2 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di binder**

Indicatori di qualità			Livelli di traffico		
Parametro	Normativa	Unità di misura	PP e P	M	L
Los Angeles *	UNI EN 1097-2	%	$\leq 25$	$\leq 30$	$\leq 40$
Micro Deval Umida *	UNI EN 1097-1	%	$\leq 20$	$\leq 25$	$\leq 35$
Quantità di frantumato	-	%	$\geq 90$	$\geq 80$	70
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	30	30	30
Resistenza al gelo (DS <sub>1a</sub> )	UNI EN 1367-1	%	$\leq 30$	$\leq 30$	$\leq 30$
Spogliamento	UNI EN 12697-1	%	$\leq 5$	$\leq 5$	$\leq 5$
Passante allo 0.063	EN 933-1	%	$\leq 1$	$\leq 1$	$\leq 2$
Indice appiattimento	EN 933-3,4	%	$\leq 25$	$\leq 30$	$\leq 35$
Porosità	EN 1936	%	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

(\*) 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.

**Tabella 61-3 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di usura**

Indicatori di qualità			Livelli di traffico			
Parametro	Normativa	Unità di misura	PP	P	M	L
Los Angeles (*)	UNI EN 1097-2	%	≤ 18	≤ 20	≤ 20	≤ 25
Micro Deval Umida (*)	UNI EN 1097-1	%	≤ 15	≤ 15	≤ 15	≤ 20
Quantità di frantumato	-	%	100	100	100	100
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	20	20	20	20
Resistenza al gelo ( $DS_{1a}$ )	UNI EN 1367-1	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	UNI EN 12697-1	%	0	0	0	0
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 2
Indice appiattimento	UNI EN 933-3/4	%	≤ 20	≤ 20	≤ 30	≤ 30
Porosità	UNI EN 1936	%	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5	≤ 1,5
CLA	UNI EN 1097-8	%	≥ 45	≥ 42	≥ 40	≥ 40

(\*) 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.

**Tabella 61-4 Requisiti dell'aggregato fine per strato di base**

Indicatori di qualità			Livelli di traffico		
Parametro	Normativa	Unità di misura	PP e P	M	L
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 50	≥ 50	≥ 40
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	N.P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25

**Tabella 61-5 Requisiti dell'aggregato fine per strato di binder**

Indicatori di qualità			Livelli di traffico		
Parametro	Normativa	Unità di misura	PP e P	M	L
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60	≥ 60	≥ 50
Passante allo 0.063	UNI EN 933-8	%	≤ 2	≤ 2	≤ 3
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	≥ 50	≥ 40	≥ 40

**Tabella 61-6 Requisiti dell'aggregato fine per strato di usura**

Indicatori di qualità			Livelli di traffico		
Parametro	Normativa	Unità di misura	PP e P	M	L

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Equivalente in Sabbia	EN 933-8	%	≥ 80	≥ 70	≥ 60
Passante allo 0.063	EN 933-8	%	≤ 2	≤ 2	≤ 3
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	≥ 70	≥ 50	≥ 50

Il **filler** è la frazione passante allo staccio 0.063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati: può essere costituito, inoltre, 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 61-7.

**Tabella 61-7 Requisiti del filler**

Tutti i livelli di traffico			
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base Binder Usura
Spogliamento	prEN12697-11	%	≤ 5
Passante allo 0.18	EN 933-1	%	100
Passante allo 0.063	EN 933-1	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	EN 1097-4	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	EN 13179-1	D 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 di fiducia dell'Amministrazione.

### **61.2.2 CONGLOMERATO RICICLATO**

Per conglomerato riciclato si intende quello 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: § 58.4.2.3). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di "integrazione", riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella Tabella 61-8. La provenienza del conglomerato riciclato può essere diversa a seconda dello strato per il quale verrà impiegato:

- per lo strato di base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza (usura, binder, base);
- per il binder può essere impiegato materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura;
- per lo strato di usura, infine, si può utilizzare materiale proveniente solo da questo strato.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

**Tabella 61-8 Composizioni indicative dei formulati per C.B. tradizionali e ad elevate prestazioni**

COMPOSIZIONE				
Tipi di Conglomerato	Strati di impiego	Materiali freschi (% di impiego nella miscela)	Materiali fresati (% di impiego nella miscela)	Attivanti Chimici Funzionali [A.C.F.] (% in peso riferito al bitume)
	Base	$\geq 70$	$< 30$	$< 10$
CB "Normali"	Binder	$\geq 75$	$\leq 25$	$\leq 5$
	Usura	$\geq 80$	$\leq 20$	$\leq 5$
CBM "Medium"	Base	$\geq 70$	$\leq 30$	$\leq 10$
	Binder	$\geq 75$	$\leq 25$	$\leq 5$
	Usura	$\geq 80$	$\leq 20$	$\leq 5$
CBH "Hard"	Base	$\geq 80$	$\leq 20$	0
	Binder	$\geq 85$	$\leq 15$	0
	Usura	$\geq 90$	$\leq 10$	0

### 61.2.3 LEGANTE

#### 61.2.3.1 Bitume semisolido (tal quale)

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

*I leganti bituminosi semisolidi impiegati senza alcun trattamento sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione di raffineria impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo tradizionali. 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 61.1 con preferenza per il 50/70 per le temperature più elevate.*

*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: essa sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.*

#### 61.2.3.2 Bitumi modificati con additivi

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

I bitumi modificati rappresentano quei leganti per uso stradale di nuova generazione, che garantiscono una maggiore durata a fatica delle miscele bituminose rispetto a quelle impieganti bitumi di base o che riducono l'attitudine alla deformazione permanente dei conglomerati o consentono di ottenere altri risultati non raggiungibili con l'impiego di bitumi semisolidi tal quali.

**Tabella 61-9 Requisiti del bitume semisolido tal quale per conglomerati bituminosi tradizionali**

Bitume tal quale				
parametro	Normativa	unità di misura	tipo 50/70	tipo 80/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	50-70	80-100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	46-56	40-44
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 8
Solubilità	UNI EN 12592	%	≥ 99	≥ 99
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	EN 13072-2	Pa•s	≥ 0,15	≥ 0,10
<i>Valori dopo RTFOT</i>		EN 12607-1		
Volatilità	EN 12607	%	≤ 0,5	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	EN 1426	%	≥ 50	≥ 50
Incremento del punto di Rammollimento	EN 1427	°C	≤ 9	≤ 9

La loro produzione avviene in impianti industriali dove vengono intimamente miscelati i bitumi base modifica con polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica e/o altre tipologie di modifica.

I bitumi modificati, in funzione del tipo di modifica, vengono così definiti:

- Bitume con modifica “MEDIUM” ;
- Bitumi con modifica “HARD”.

Per i bitumi modificati, sia “ MEDIUM ” che “HARD”, il produttore deve certificare le seguenti caratteristiche: penetrazione a 25°C, punto di rammollimento, recupero elastico a 25°C e la stabilità allo stoccaggio. La certificazione deve accompagnare tassativamente il quantitativo trasportato.

Il produttore deve, inoltre, indicare, nella stessa modulistica di certificazione del prodotto trasportato, le condizioni di temperatura da attuare per le operazioni di: pompaggio, stoccaggio e di lavorazione (miscelazione).

La produzione di bitumi modificati può avvenire anche agli impianti di fabbricazione dei conglomerati bituminosi, certificati in Qualità, purché i bitumi prodotti abbiano le caratteristiche richieste nella Tabella 61-10. In questo caso sul bitume base modifica devono essere controllati almeno i valori del punto di rammollimento P.A. e della penetrazione a 25°C.

### **Bitumi con modifica MEDIUM**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

I bitumi con modifica MEDIUM possono essere impiegati nelle miscele di base, binder e usura e vanno usati quando i bitumi tal quali non rientrano nelle caratteristiche richieste o non consentano di ottenere le volute prestazioni dei conglomerati bituminosi per tali strati. La modifica deve conseguire sul legante i risultati riportati nella Tabella 61-10.

### **Bitumi con modifica HARD**

I bitumi a modifica "HARD", pur essendo utilizzabili in tutte le miscele, sono però utilizzati per la realizzazione di conglomerati bituminosi ad alto modulo con elevata durata a fatica. La modifica deve conseguire sul legante i risultati riportati nella Tabella 61-10.

**Tabella 61-10 Requisiti dei bitumi con modifica MEDIUM e HARD per conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni**

Bitume				
Parametro	Normativa	unità di misura	Modifica MEDIUM	Modifica HARD
Penetrazione a 25°C	EN 1426	dmm	50-70	50/70
Punto di rammollimento	EN 1427	°C	≥ 60	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593	°C	≤ - 10	≤ - 15
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa•s	≥ 0,25	≥ 0,4
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 50%	≥ 75%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN 13399	°C	≤ 3	≤ 3
<i>Valori dopo RTFOT</i>				
Volatilità	EN 12607	%	≤ 0,8	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426	%	≥ 60	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427	°C	≤ 5	≤ 5

### **Certificazione di qualità**

I bitumi modificati da impiegare nelle lavorazioni, devono essere forniti da Produttori "Certificati in Qualità" che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione.

Le verifiche di rispondenza, in conformità a quanto previsto dalle Norme UNI EN ISO 9002/94, devono essere certificate da Enti riconosciuti, in conformità alla Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n° 2357 del 16.05.1996 (Gazzetta Ufficiale n° 125 del 30.05.1996).

La D.L. potrà effettuare in contraddittorio ed a spese dell'Impresa, in ogni momento a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, prelievi e controlli sul prodotto finito.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

La non rispondenza dei requisiti, comporta, dopo eventuale ulteriore verifica, la sospensione dei lavori sino alla risoluzione delle anomalie rilevate e/o l'applicazione delle detrazioni previste.

#### 61.2.4 ADDITIVI

Per migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi si aggiungono agli aggregati o al bitume dei prodotti naturali o artificiali che prendono il nome di additivi.

##### Attivanti d'adesione

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

Il loro dosaggio va specificato obbligatoriamente nello studio della miscela e può 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 Tabella 61-1, Tabella 61-2, Tabella 61-3, Tabella 61-13. L'attivante di adesione scelto deve presentare, in ogni caso, caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni). Per immettere le sostanze tensioattive nel bitume devono essere impiegate attrezzature idonee, al fine di 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.

##### Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono prodotti studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati in miscele tradizionali. Essi sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare e devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella Tabella 61-11. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto e può essere determinato utilizzando la procedura riportata nella nota <sup>6</sup>.

<sup>6</sup> La quantità di ACF da impiegare dipende dalla percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere che si determina mediante 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 allo staccio UNI 2 mm;

$b$  = % di aggregato passante allo staccio UNI 2 mm e trattenuto allo staccio 0,063 mm;

$c$  = % di aggregato passante allo staccio 0,063 mm;

$d$  = 0,15 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 11 e 15;

$f$  = 0,18 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 6 e 10;



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### 61.3 COMPOSIZIONE DELLE MISCELE

La composizione indicativa delle miscele di tipo tradizionale e ad elevate prestazioni sono riportate nella Tabella 61-8. 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 61-12. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare attivato con ACF), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

Il fuso A è da impiegare per strati di usura con spessori superiori ai 4 cm; il fuso B per spessori compresi tra 3 cm e 4 cm; il fuso C, infine, per spessori compresi tra 1 e 2 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 il metodo Marshall. Le caratteristiche richieste per i diversi strati sono riportate nella Tabella 61-13, Tabella 61-14, Tabella 61-15, Tabella 61-16 e Tabella 61-17.

**Tabella 61-11 Requisiti degli Attivanti Chimici Funzionali (ACF)**

Attivanti Chimici Funzionali (ACF)			
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
	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 1,0

**Tabella 61-12 Requisiti granulometrici delle miscele di aggregati**

Serie stacci UNI (mm)		Base	Binder	Usura	
				A	B
Staccio	31.5	100	-	-	-

d = 0,20 per un passante allo staccio 0,063 mm  $\leq$  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 composta dal bitume estratto (metodo ASTM D5404-97) e dal 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. La percentuale di rigenerante necessaria si ottiene da questo diagramma mediante interpolazione lineare alla viscosità di 2000 Pa\*s.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Staccio	20	70 – 95	100	100	-
Staccio	16	-	70 – 100	-	-
Staccio	12.5	45 – 70	65 - 90	90 – 100	100
Staccio	8	35 – 58	50 – 73	70 – 90	70 – 90
Staccio	4	27– 45	35 – 55	40 – 55	40 – 60
Staccio	2	20 – 35	25 – 38	25 – 38	25 – 38
Staccio	0.5	7 – 21	11 – 21	12 – 21	12 – 21
Staccio	0.25	4 –15	6 –16	9 –16	9 –16
Staccio	0.125	4 – 10	4 – 10	6 – 11	6 – 11
Staccio	0.063	4 – 8	4 - 8	6 - 10	6 - 10
% di bitume		4,0 – 5,5	4,5 – 6,0	4,8 – 6,3	5,0 – 6, 5

**Tabella 61-13 Requisiti delle miscele di conglomerato tradizionale e ad elevate prestazioni studiate con metodo volumetrico**

<b>METODO VOLUMETRICO</b>	<b>Strato pavimentazione</b>			
	Unità di misura	Base	Binder	Usura
<i>Condizioni di prova</i>				
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	kPa	600		
Diametro del provino	mm	150	100	100
Risultati richiesti				
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 – 14	10 – 14	10 – 14
Vuoti a 100 rotazioni (*)	%	3 – 5	3 – 5	4 – 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2	> 2
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>				

Sulla miscela definita con la pressa giratoria (provini confezionati al 98% della DG ) deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (modulo complesso, UNI EN 12697-26:2003) 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.

**Tabella 61-14 Requisiti meccanici delle miscele per strati di usura, binder e base di conglomerato bituminoso tradizionale e ad elevate prestazioni studiate**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**con metodo volumetrico**

Requisiti meccanici	Unità di misura	Bitume tal quale	Bitume Medium e Hard
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**) (CNR 97/84)	N/mm <sup>2</sup>	> 0,6	> 0,7
Coefficiente di trazione indiretta <sup>2</sup> a 25 °C (**) (CNR 97/84)	N/mm <sup>2</sup>	>50	>70
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria			

**Tabella 61-15 Requisiti delle miscele di conglomerato tradizionale studiate con metodo Marshall**

METODO MARSHALL	Strato pavimentazione			
	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Condizioni di prova				
Costipamento	75 colpi x faccia			
Risultati richiesti				
Stabilità Marshall	kN	9	10	11
Rigidezza Marshall	kN/mm	> 2,5	3-4,5	3-4,5
Vuoti residui (*)	%	4 - 7	4 - 6	3 - 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>				

**Tabella 61-16 Requisiti delle miscele di conglomerato ad elevate prestazioni studiate con metodo Marshall**

METODO MARSHALL	Strato pavimentazione			
	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Condizioni di prova				

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Costipamento	75 colpi x faccia			
	Risultati richiesti			
Stabilità Marshall	kN	11	11	12
Rigidità Marshall	kN/mm	> 2,5	3-4,5	3-4,5
Vuoti residui <sup>(*)</sup>	%	4 - 7	4 - 6	3 - 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25

(\*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D<sub>M</sub>

**Tabella 61-17 Requisiti meccanici delle miscele per strati di usura di conglomerato tradizionale e ad elevate prestazioni studiate con metodo Marshall**

Requisiti meccanici	Unità di misura	Bitume tal quale	Bitume Medium e Hard
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm <sup>2</sup>	> 0,7	> 0,8
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C <sup>7</sup>	N/mm <sup>2</sup>	> 70	> 80

#### **61.4 BINDER AD ALTO MODULO**

Questo materiale è ottenuto miscelando gli inerti con percentuali tendenzialmente elevate di un bitume duro, con penetrazione inferiore a 25 dmm..

Per quanto concerne il tipo di bitume, il requisito progettuale è quello di ottenere una miscela che conferisca elevata rigidità flessionale allo strato di collegamento contemporaneamente ad un'elevata resistenza a fatica. Per il raggiungimento di tali obiettivi sarà necessario l'utilizzo di un bitume tale per cui il valore del modulo complesso, alla temperatura di 20°C e alla frequenza di 2 Hz, sia maggiore di 5500 MPa (UNI EN 12697-26:2004 Annesso C). Infatti la verifica strutturale del dimensionamento degli interventi è stata eseguita considerando la presenza di un materiale che garantisca tale valore del modulo e che corrisponde a quello richiesto per questo tipo di materiali (EME Enrobé à Module Élevé) dalle norme francesi (NF P 98-140). I valori succitati rappresentano la condizione necessaria per il requisito di idoneità della miscela da parte della D.L..

I valori dei moduli sopra riportati rappresentano dei valori minimi che dovranno essere ottenuti in laboratorio su provini realizzati con la miscela di conglomerato prelevata in sito ed addensati con la pressa girevole alla densità di progetto.

Qualora i valori di modulo complesso e/o il valore del grado di addensamento non fossero raggiunti dall'impresa in fase di esecuzione dei lavori, la D.L. potrà richiedere la rimozione del materiale steso e la ri-esecuzione dei lavori.

<sup>7</sup> Coefficiente di trazione indiretta

$$CTI = \pi/2 \cdot D \cdot Rt / Dc$$

dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Fuso granulometrica per binder alto modulo: vedi valori riportati in tabella 61-18

**Tabella 61-18 Fuso granulometrico per Binder ad alto modulo**

Serie crivelli e setacci UNI		Passante totale % in peso
Crivello	30	-
“	25	100
“	20	-
“	15	65 ÷ 85
“	10	55 ÷ 75
“	5	35 ÷ 55
Setaccio	2	25 ÷ 38
“	0,4	10 ÷ 20
“	0,18	5 ÷ 15
“	0,075	4 ÷ 8

CTI e Rt: vedi valori riportati in tabella 61-19

**Tabella 61-19 CTI e Rt per Binder ad alto modulo**

R <sub>t</sub> N/mm <sup>2</sup>	CTI N/mm <sup>2</sup>
0,95 ÷ 1,55	≥ 80

Indice dei vuoti per binder alto modulo: vedi valori riportati in tabella 61-20

**Tabella 61-20 Indice dei vuoti della miscela di Binder ad alto modulo**

METODO VOLUMETRICO <i>Condizioni di prova</i>	Strato pavimentazione	
	Unità di misura	Binder Alto Modulo confezionato con bitume modificato HARD
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	%	12 – 15
Vuoti a 120 rotazioni (*)	%	3 – 5
Vuoti a 200 rotazioni	%	> 2
(*) La densità ottenuta con 120 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		

studio della miscela di progetto: l'impresa proporrà allo scrivente uno studio di una miscela per binder "alto modulo" nel rispetto delle prescrizioni della succitata Relazione tecnica

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

bitume: al fine del perseguimento delle prestazioni richieste nella realizzazione della miscela l'impresa potrà utilizzare i bitumi che riterrà più idonei. Come indicazione si riporta la scheda relativa ad un bitume con modifica HARD con il quale è stata sperimentata la realizzazione di una miscela rispondente ai requisiti della Relazione Specialistica

Parametro	Normativa	unità di misura	Modifica HARD
Penetrazione a 25°C	EN 1426	dmm	10/30
Punto di rammollimento	EN 1427	°C	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593	°C	≤ - 5
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa•s	≥ 0,8
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 70%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN 13399	°C	≤ 4
<i>Valori dopo RTFOT</i>	EN 12607-1		
Volatilità	EN 12607	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426	%	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427	°C	≤ 5

## 61.5 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, per ciascun cantiere di produzione, lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, additivi); tali prove devono essere eseguite presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione. Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato. Presso i Cantieri di produzione deve essere a disposizione della Amministrazione un registro, vidimato dalla D.L., in cui siano riportati tutti i controlli di qualità operati dall'impresa con i risultati ottenuti. La D.L., in contraddittorio ed a spese dell'impresa, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, potrà effettuare prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera. L'esito positivo dei suddetti controlli e verifiche non elimina le responsabilità dell'Impresa sull'ottenimento dei risultati finali del prodotto in opera che sono espressamente richiamati in questo articolo.

### Tolleranze sui risultati

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $\pm 5$  punti percentuali per lo strato di base e di  $\pm 3$  punti percentuali per gli strati di binder ed usura; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in  $\pm 2$  punti percentuali; scostamenti del passante allo staccio UNI 0,063 mm contenuti in  $\pm 1,5$  punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$ . I precedenti valori devono essere rispettati sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

## **61.6 ESECUZIONE DEI LAVORI**

### **61.6.1 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE**

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

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare 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.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione: ogni impianto deve, poi, 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.

Se è previsto l'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.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata: inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere 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.

Gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati per consentire la verifica delle suddette temperature.

### 61.6.2 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

La preparazione delle superfici di stesa va eseguita prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso 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 l'applicazione di emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso allo scopo di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e 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 al 55%, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 61-21, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a  $1,0 \text{ kg/m}^2$ .

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

Il dosaggio del materiale da impiegare, nonché le sue caratteristiche, variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione: nel caso di nuove costruzioni, si utilizzerà una emulsione bituminosa cationica (al 60 % oppure al 65 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 61-21 dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a  $0,30 \text{ kg/m}^2$ . Se il nuovo strato deve essere realizzato sopra una pavimentazione esistente è consigliato l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate in Tabella 61-21 dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a  $0,35 \text{ kg/m}^2$ . 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.

Nel caso in cui il conglomerato bituminoso debba essere steso 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 nella Tabella 61-21 per ciascun tipo di emulsione.

Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati.



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 61-21 Requisiti delle emulsioni bituminose cationiche per mani di ancoraggio e di attacco**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%	Cationica		
				55%	60%	65%
Polarità	UNI EN 1430		> 0	> 0	> 0	> 0
Contenuto di acqua % peso	UNI EN 1428	%	30 ± 1	45 ± 2	45±2	35±2
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	70 ± 1	55±2	60±2	65±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0	1-6	1-4	1-4
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12846	°E	> 20	2-6	5-10	15-20
Sedimentazione a 5 gg	UNI EN 1430	%	< 5	< 5	< 10	< 8
Residuo bituminoso						
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70	> 70		
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 65	> 35	> 40	> 40
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 1430	%	> 75			

### 61.6.3 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

I conglomerati bituminosi saranno posti in opera mediante macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento: in ogni caso, le vibrofinitrici devono lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due finitrici: 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 dovrà 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.

Si devono programmare e realizzare le sovrapposizioni dei giunti longitudinali tra i vari strati in maniera tale 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 conglomerato dovrà essere trasportato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa 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: inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

Qualora le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, si dovrà procedere alla sospensione della stesa: gli strati eventualmente

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

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

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e deve essere 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 15t.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

A compattazione ultimata, la superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni in modo tale che un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato vi aderisca uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Si potrà procedere alla stesa della miscela bituminosa dello strato di base solo dopo che sia stata accertata, da parte della Direzione Lavori, la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima di stendere il conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato, al fine di garantire l'ancoraggio dei due strati, si dovrà procedere alla rimozione della 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.

## **61.7 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 in sito.

### **61.7.1 CONTROLLO DELLE FORNITURE**

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego e del conglomerato da riciclare (fresato) deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna. Il numero dei campioni deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella 61-22

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

per ogni tipo di controllo da effettuare, salvo diverse e documentate prescrizioni della D.L.

I requisiti da soddisfare sono riportati nella stessa tabella.

**Tabella 61-22 Controllo delle forniture**

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	Tabella 61-9 Tabella 61-10
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 61-1 Tabella 61-2 Tabella 61-3
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 61-4 Tabella 61-5 Tabella 61-6
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 61-7

#### **61.7.2 CONTROLLO DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA**

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in Tabella 61-23. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697 -1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);
- la quantità di attivante d'adesione mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23).

In mancanza della Pressa Giratoria e in via transitoria vengono effettuate prove secondo il metodo Marshall per le seguenti determinazioni:

- massa volumica (DM), stabilità e rigidità (prEN 12697-34);
- percentuale dei vuoti residui (prEN 12697-8 );
- perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (EN 12697-12);
- resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana, EN 12697-23).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al paragrafo 61.4.

Per lo strato di usura e per quello di collegamento, viene controllata la deformabilità

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

viscoplastica con prove a carico costante (UNI EN 12697). Il parametro J1 a 10 °C deve essere compreso tra 25 e 40 cm<sup>2</sup>/(daN\*s) mentre lo Jp a 40 °C deve essere compreso tra 14 x 10<sup>6</sup> e 26 x 10<sup>6</sup> cm<sup>2</sup>/(daN\*s).

**Tabella 61-23 Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Usura e Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	- J1 a 10 °C compreso tra 25 e 40 cm <sup>2</sup> /(daN*s) - Jp a 40 °C compreso tra 14 x 10 <sup>6</sup> e 26 x 10 <sup>6</sup> cm <sup>2</sup> /(daN*s).

### 61.7.3 CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella Tabella 61-24.

Sulle carote verranno determinati:

- Lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui;
- il modulo complesso E.

Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione di quest'ultima prova, il modulo complesso verrà determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della massa volumica in situ.

**Tabella 61-24 Controlli prestazionali sugli strati finiti**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE O DI PROVA	UBICAZIONE PRELIEVO O DELLA PROVA	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder, Usura	Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 2000 m <sup>2</sup> di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 2000 m <sup>2</sup> di fascia di stesa	% dei vuoti della miscela di progetto
Base, Binder, Usura	Carote per modulo	Pavimentazione	Ogni 2000 m <sup>2</sup> di fascia di stesa	E> E di progetto

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

	dinamico		
--	----------	--	--

**Portanza**

Per quanto riguarda invece le caratteristiche strutturali degli strati in conglomerato bituminoso messi in opera, il parametro di riferimento è il modulo elastico dinamico che sarà ricavato interpretando una serie di misure di deflessione dinamica effettuate con attrezzature di tipo F.W.D; per l'interpretazione delle misure di deflessione, è necessario conoscere gli spessori degli strati in conglomerato bituminoso della pavimentazione che verranno rilevati dalla D.L. durante l'esecuzione dei lavori e/o potranno essere ricavati mediante una campagna di carotaggi successivi da eseguire con le frequenze riportate in Tabella 61-24.

Per un maggiore dettaglio nella determinazione degli spessori, tale campagna di carotaggi potrà essere integrata dal rilievo in continuo della stratigrafia della pavimentazione eseguito con apparecchiatura georadar equipaggiata con antenne aventi frequenze di 0.6 GHz e 1.6 GHz.

Le prove di deflessione dinamica tipo F.W.D., in relazione al tipo di intervento effettuato e ai controlli che si vogliono effettuare, dovranno rispettare le seguenti modalità di esecuzione:

A. - Pavimentazione nuova o strati legati a bitume completamente rinnovati :

A1: Valutazione del modulo medio complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume (spessore complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume  $\geq 10$  cm) :

le prove di deflessione dinamica saranno eseguite sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 3° ed il 90° giorno dal termine della stesa dell'ultimo strato.

A2 : Valutazione del modulo dello strato di Base legato a bitume (spessore della Base  $\geq 10$  cm) e del modulo medio complessivo degli strati di Binder e Usura sovrastanti (spessore complessivo  $\geq 4$  cm) :

saranno eseguite due serie di prove di deflessione dinamica; la prima serie dovrà essere effettuata, almeno un giorno dopo la stesa, direttamente sulla superficie finita dello strato di base in conglomerato bituminoso mentre la seconda serie dovrà essere effettuata sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 3° ed il 90° giorno dal termine della stesa dell'ultimo strato. Le posizioni delle prove della prima serie dovranno essere identificate in maniera visibile a terra e/o a lato della piattaforma in maniera da poter posizionare le prove della seconda serie esattamente negli stessi punti.

B. - Pavimentazione risanata superficialmente o ricoperta

B1 : Valutazione del modulo complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume rinnovati od aggiunti (spessore complessivo del Pacchetto degli strati rinnovati o aggiunti  $> 4$  cm):

saranno eseguite due serie di prove di deflessione dinamica; la prima serie dovrà essere effettuata entro i 60 giorni precedenti l'intervento sulla vecchia superficie della pavimentazione, mentre la seconda serie dovrà essere effettuata sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 3° ed il 120° giorno dal

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

termine della stesa dell'ultimo strato. Le posizioni delle prove della prima serie dovranno essere identificate in maniera visibile a terra e/o a lato della piattaforma in maniera da poter posizionare le prove della seconda serie esattamente negli stessi punti.

Le prove di deflessione dinamica verranno interpretate per il calcolo del valore del modulo elastico mediante un programma di retrocalcolo di provata affidabilità e preventivamente accettato da parte della D.L. Il valore del modulo calcolato dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento del conglomerato di 20°C secondo curve di correzione proposte dalla D.L. o determinate sperimentalmente sulla stessa pavimentazione..

Nel caso di esecuzione di una doppia serie di prove come descritto al punto B.1 si procederà all'interpretazione delle misure di deflessione della prima e della seconda serie di prove calcolando il modulo complessivo del pacchetto degli strati legati a bitume, rispettivamente, nelle condizioni precedenti l'intervento ed in quelle modificate ( dopo la sua realizzazione ) per il contributo offerto dagli strati aggiunti o rinnovati. Confrontando le rigidità nelle due condizioni del pacchetto degli strati legati a bitume sarà possibile allora calcolare il modulo elastico complessivo degli strati aggiunti o rinnovati.

Nel caso di esecuzione di una doppia serie di prove come descritto al punto A.2 la procedura da seguire è del tutto identica a quella appena descritta salvo il fatto che dalla prima serie di prove si otterrà il modulo elastico dello strato di Base e dalla seconda serie il modulo medio complessivo di tutto il pacchetto degli strati legati a bitume; confrontando le rigidità nelle due condizioni sarà possibile calcolare il modulo elastico complessivo degli strati superiori (Usura+Binder).

Le prove dinamiche tipo F.W.D. non saranno eseguite con temperature superficiali della pavimentazione oltre i 35°C evitando, nell'avanzata primavera e nella stagione estiva, le ore comprese tra le 10.00 ed il tramonto in giornate particolarmente calde. Le misure di F.W.D. verranno effettuate al massimo ogni 50 m di corsia per aver a disposizione un campione di dati di ampiezza statisticamente accettabile, eccezionalmente, per motivi operativi e di interferenza con il traffico, l'intervallo tra le prove potrà essere esteso fino ad un massimo di 100 m. Per ciascuna tratta con tipo di intervento omogeneo, il numero di prove da eseguire, perché il campione abbia una ampiezza statisticamente accettabile, non deve essere inferiore a 12, qualsiasi sia la sua lunghezza.

Per la valutazione delle caratteristiche strutturali si farà riferimento al valore medio del modulo espresso in MPa, ricavato dai valori risultanti dalle misure puntuali di F.W.D., relativo a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere l'intera lunghezza di stesa. Per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 12 punti di misura e nei quali i valori dei moduli elastici sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale". Le tratte omogenee saranno individuate con metodi statistici. I valori dei moduli calcolati non potranno essere inferiori ai valori limite dichiarati nello studio di progetto della miscela o a quelli indicati in progetto quando questi ultimi siano superiori. In assenza di precise indicazioni, il valore del modulo elastico dinamico del pacchetto di strati legati a bitume non dovrà essere inferiore a 6000 MPa.

### **Caratteristiche superficiali**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Sulle pavimentazioni finite dovranno essere eseguite prove per il controllo dei valori di aderenza e macrotestitura superficiale dello strato di usura con le frequenze riportate in Tabella 61-24. Le misure di resistenza ad attrito radente, eseguite con lo Skid Tester secondo la norma CNR 105/85, dovranno fornire valori di BPN (British Pendulum Number) uguali o maggiori di 60; la tessitura superficiale, misurata con l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere maggiore o uguale a 0.4 mm. In alternativa, per la misura dell'aderenza e della macrotestitura, potranno essere eseguite prove ad alto rendimento utilizzando una delle apparecchiature che hanno partecipato all'esperimento di armonizzazione dell'AIPCR (1992).

I valori di aderenza ottenuti con tali attrezzature dovranno essere ricondotti a valori di BPN utilizzando la relazione per il calcolo dell'IFI (AIPCR 1992), preventivamente accettata dalla D.L., con i coefficienti relativi alla particolare attrezzatura impiegata; in aggiunta potranno essere forniti anche i valori dell'IFI (F60, Sp). Le misure di aderenza e di macrotestitura dovranno essere effettuate in un periodo compreso tra il 60° e il 180° giorno dall'apertura al traffico. Le tratte da misurare, aventi lunghezze pari almeno a 200 m, potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia; in ogni caso, l'aderenza dovrà essere controllata almeno per il 50% della lunghezza complessiva della stesa. Le misure di aderenza e di tessitura dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m e i valori misurati potranno, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici. Per la valutazione delle caratteristiche di aderenza e tessitura superficiale si farà riferimento ai valori medi, ricavati dalle misure puntuali (passo 10 m) o dai valori già mediati ogni 50 m, relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 12 valori dell'indicatore e per cui i valori dell'indicatore sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale"; i valori così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

Le tratte omogenee saranno individuate con una procedura statistica.

Per quanto riguarda le misure di aderenza e tessitura eseguite con il profilometro laser il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote. Lo strumento fornisce valori di tessitura media ogni 10 m ed ogni 50 m lungo ogni striscia longitudinale, pertanto, ai fini del controllo, dovrà risultare in accordo con le prescrizioni la media (una sola cifra decimale) dei quattro valori ottenuti ogni 50 m (uno per ciascuna striscia longitudinale).

### **61.8 Detrazioni sull'esecuzione dei lavori e tolleranze sui risultati**

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

Sulle carote verranno determinati il peso di volume, la percentuale dei vuoti residui.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Per **spessori medi inferiori** a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 1,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante oltre la tolleranza pari al 3% dello spessore di progetto.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

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 eccedenti la tolleranza (pari a 1% oltre il valore riscontrato sulla miscela di progetto addensata in laboratorio), 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.

**Le detrazioni di cui sopra saranno applicate allo strato indagato e, qualora presenti, a tutti gli strati sovrastanti.**

## Articolo 62

### FORMAZIONE DI MANTI DI USURA SPECIALI

#### 62.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

I conglomerati bituminosi cosiddetti di *nuova generazione*, impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali, sono delle miscele con particolari caratteristiche granulometriche ed elevata qualità dei materiali costituenti che consentono di ottenere prestazioni di livello superiore in termini di durabilità, stabilità e sicurezza della circolazione. In particolare, tra le tipologie più diffuse di manti di usura speciali vi sono: i tappeti drenanti, i microtappeti a caldo e gli splittmastix.

Il contributo fornito alla sicurezza da questi manti è elevato e ciò suggerisce una loro maggiore applicazione sia nella costruzione di nuove pavimentazioni, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.

Gli strati di usura drenanti e/o fonoassorbenti (CDF) sono miscele costituite da pietrischetti frantumati, poca sabbia e filler, impastate a caldo con bitume modificato che dopo compattazione presentano una porosità intercomunicante 4 o 5 volte superiore a quella di un tradizionale conglomerato per strato di usura. Questo conglomerato, ad alto contenuto tecnologico, è quindi dotato di elevata rugosità superficiale: ha funzione drenante e fonoassorbente, fornendo una buona aderenza anche in caso di pioggia.

Gli splittmastix (SMA) sono tappeti di usura antisdrucchiolo, costituiti da una miscela di pietrischetti, graniglie, frantumati, sabbie di sola frantumazione e additivo (filler), impastata a caldo in appositi impianti con bitume modificato e talvolta con aggiunta di fibre organiche o minerali. Questo conglomerato, chiuso e totalmente impermeabile agli strati sottostanti, viene proposto in alternativa al drenante fonoassorbente per le



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

maggiori possibilità di applicazione e per una più semplice manutenzione. Esso è stato studiato per: migliorare l'aderenza, impermeabilizzare la struttura sottostante ed attenuare il rumore di rotolamento dei pneumatici.

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

## 62.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

### 62.2.1 AGGREGATI

La fase solida dei conglomerati per manti di usura speciali è composta da aggregati lapidei costituiti da elementi totalmente frantumati, sani, duri, di forma poliedrica, esenti da polveri e materiali estranei. Gli elementi litoidi non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler, che può provenire dalla frazione fina o essere aggiunto.

**Aggregato grosso:** designazione attribuita agli aggregati di dimensione  $d$  uguale o maggiore di 1 mm e  $D$  maggiore di 2 mm, dove con  $d$  si indica la dimensione dello staccio inferiore e con  $D$  quella dello staccio superiore. Sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza e natura petrografia diversa (preferibilmente basaltica), aventi forma poliedrica a spigoli vivi che soddisfino i requisiti indicati nella Tabella 62-1.

**Tabella 62-1 Requisiti dell'aggregato grosso**

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	$\leq 20$
Micro Deval Umida	UNI EN 1097-1	%	$\leq 15$
Quantità di frantumato	-	%	100
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	20
Resistenza al gelo ( $D_{S_{la}}$ )	UNI EN 1367-1	%	$\leq 30$
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	0
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	$\leq 1$
Coefficiente di forma	EN 933-3/4		$\leq 3$
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3/4		$\leq 1,58$
Indice appiattimento	UNI EN 933-3/4	%	$\leq 20$
Porosità	EN 1936	%	$\leq 1,5$
CLA	EN 1097-8	%	$\geq 45$

**Aggregato fine:** designazione attribuita agli aggregati di dimensione  $d$  uguale a zero e  $D$  minore o uguale a 6.3 mm.

Esso deve essere costituito esclusivamente da sabbie ricavate per frantumazione da rocce e da elementi litoidi di fiume e deve possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 62-2.

Il trattenuto allo staccio 2 mm non deve superare il 10% qualora gli aggregati fini provengano da rocce aventi un valore di  $CLA \leq 45$ .

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 62-2 Requisiti dell'aggregato fine**

Indicatori di qualità			
Parametro	<i>Normativa</i>	Unità di misura	<i>Valore</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 80
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤ 2
Quantità di frantumato		%	100

**Il filler**, frazione passante al setaccio 0,063 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 62-3.

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre, ai fini dell'accettazione, la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

**Tabella 62-3 Requisiti del filler**

Indicatori di qualità			
Parametro	<i>Normativa</i>	Unità di misura	<i>Valore</i>
Spogliamento	UNI EN12697-11	%	≤ 5
Passante allo 0.125 mm	EN 933-1	%	100
Passante allo 0.063 mm	EN 933-1	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	EN 1097-4	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	EN 13179-1	DPA	≥ 5

### 62.2.2 LEGANTE

I conglomerati bituminosi utilizzati per la formazione di manti di usura speciali vengono confezionati con bitumi modificati cioè con bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche: le caratteristiche di tali bitumi sono riportate nella

Tabella 62-4.

Per confezionare i conglomerati bituminosi drenanti ed i microtappeti a caldo deve essere utilizzato il bitume di tipo Hard; per gli splittmastix, a seconda del tipo di strada, del traffico e della temperatura media della zona di impiego, il bitume può essere del

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

tipo Hard oppure del tipo Medium . Il rapporto filler – bitume dovrà mantenersi tra 1.1 e 1.7 .

**Tabella 62-4 Requisiti dei bitumi con modifica MEDIUM e HARD per manti di usura speciali**

Bitume				
Parametro	Normativa	unità di misura	Modifica MEDIUM	Modifica HARD
Penetrazione a 25°C	EN 1426	dmm	50-70	50/70
Punto di rammollimento	EN 1427	°C	≥ 60	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593	°C	≤ - 10	≤ - 15
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa•s	≥ 0,25	≥ 0,4
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 50%	≥ 75%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C	EN 13399	°C	≤ 3	≤ 3
Variazione del punto di Rammollimento				
<i>Valori dopo RTFOT</i>		EN 12607-1		
Volatilità	EN 12607	%	≤ 0,8	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426	%	≥ 60	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427	°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 di fiducia dell'Amministrazione.

### 62.2.3 ADDITIVI

Per migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi si aggiungono agli aggregati o al bitume dei prodotti naturali o artificiali che prendono il nome di additivi.

Gli attivanti d'adesione sono tensioattivi che favoriscono l'adesione bitume – aggregato e sono 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.

Tipo e dosaggio di additivo dovranno essere stabiliti in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

richieste. L'attivante di adesione scelto deve presentare, comunque, 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

Per verificare la presenza e il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume, si effettuerà 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. Esse possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc: devono possedere i requisiti indicati in Tabella 62-5 e vanno aggiunte con percentuali in peso riferite agli aggregati variabili tra lo 0,6% e 1,0%.

**Tabella 62-5 Requisiti delle fibre minerali (vetro)**

CARATTERISTICHE	Unità	Valore
Lunghezza media bavella	micron	200/300
Diametro medio fibra	micron	8/15
Superficie specifica fibra	cm <sup>2</sup> /g	2700
Resistenza alla trazione	GPa	1,5 a 2,5
Allungamento massimo	%	1,5 a 2,5
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 550

## 62.3 CONGLOMERATI BITUMINOSI DRENANTI

### 62.3.1 STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO

La miscela degli aggregati da adottarsi per i **conglomerati bituminosi drenanti** deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 62-6.

Là dove si voglia 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  $\geq 45$  daN/cm<sup>2</sup> (UNI 7549 -7)
- CLA  $\geq 0,65$  (EN 1097-8).

Per migliorare la stabilità del mastice bituminoso, la miscela 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 62-6.

**Tabella 62-6 Granulometria della miscela per C.B. drenanti**

Serie stacci UNI (mm)		%Passanti
Staccio	16	100
Staccio	12.5	80 – 100
Staccio	8	20 – 40

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Staccio	4	15 – 25
Staccio	2	10 – 20
Staccio	0.5	8 – 12
Staccio	0.25	7 – 10
Staccio	0.125	5 – 8
Staccio	0.063	4 – 6
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 ed in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall.

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate in

Tabella 62-7 e Tabella 62-8.

**Tabella 62-7 Requisiti delle miscele per C.B. drenante studiate con metodo**

**volumetrico**

<b>METODO VOLUMETRICO</b>		
<i>Condizioni di prova</i>	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
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	≥ 20
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	≥ 16
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 13
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
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La massa volumica ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

**Tabella 62-8 Requisiti delle miscele per C.B. drenante studiate con metodo Marshall**

<b>METODO MARSHALL</b>		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	kN	> 5

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

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 25°C	N/mm <sup>2</sup>	> 30
(*) La massa volumica Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		

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

## 62.4 MICROTAPPETI A CALDO

### 62.4.1 STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO

La miscela degli aggregati da adottarsi per i **microtappeti a caldo** deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in Tabella 62-9.

Al fine di migliorare l'aderenza e la fonoassorbenza dei microtappeti a caldo è consentito l'uso di un 10 % in peso di argilla espansa di tipo "strutturale"rispondente alle seguenti caratteristiche:

- Resistenza allo schiacciamento  $\geq 45$  daN/cm<sup>2</sup> (UNI 7549 -7)
- CLA  $\geq 0,65$  (EN 1097-8).

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

**Tabella 62-9 Granulometria della miscela per microtappeti a caldo**

Serie stacci UNI (mm)		%Passanti
Staccio	12.5	100
Staccio	8	90 –100
Staccio	4	20 –30
Staccio	2	15 –25
Staccio	0.5	8 –16
Staccio	0.25	6 –12
Staccio	0.125	5 –11
Staccio	0.063	4 –9
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.

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.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Le caratteristiche richieste per i microtappeti a caldo sono riportate in Tabella 62-10 e Tabella 62-11 .

**Tabella 62-10 Requisiti delle miscele per microtappeti a caldo studiate con metodo volumetrico**

METODO VOLUMETRICO		
<i>Condizioni di prova</i>	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
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	≥ 18
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	≥ 10
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 0,6
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 30
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La massa volumica ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>		
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria		

**Tabella 62-11 Requisiti delle miscele per microtappeti a caldo studiate con metodo Marshall**

METODO MARSHALL		
<i>Condizioni di prova</i>	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
<i>Risultati richiesti</i>		
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	%	≤ 25
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 massa volumica Marshall viene indicata nel seguito con D <sub>M</sub>		

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

## 62.5 SPLITTMASTIX ASPHALT (SMA)

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### 62.5.1 STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO

La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati antisdrucchiolo **splittmastix** dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 62-12. La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, dovrà essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

**Tabella 62-12 Granulometria della miscela per conglomerati tipo splittmastix**

Stacci UNI (mm)		Tipo 0/12	Tipo 0/8	Tipo 0/5
Staccio	20	100		
Staccio	12.5	90 – 100	100	
Staccio	8	53 – 75	90 – 100	100
Staccio	4	30 – 55	30 – 48	90 – 100
Staccio	2	20 – 30	18 – 28	16 – 26
Staccio	0.5	13 – 22	10 – 20	11 – 19
Staccio	0.25	10 – 19	9 – 18	10 – 16
Staccio	0.125	9 – 15	9 – 15	9 – 14
Staccio	0.063	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 in Tabella 62-13 e Tabella 62-14.

**Tabella 62-13 Requisiti delle miscele per tappeti tipo splittmastix studiate con metodo volumetrico**

<b>METODO VOLUMETRICO</b>		
<i>Condizioni di prova</i>	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
<i>Risultati richiesti</i>		
Vuoti a 10 rotazioni	%	8 – 12
Vuoti a 50 rotazioni (*)	%	2 – 4
Vuoti a 130 rotazioni	%	≥ 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 0,6
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)	N/mm <sup>2</sup>	> 40
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 10



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

(\*) La massa volumica ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con  $D_G$

(\*\*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

**Tabella 62-14 Requisiti delle miscele per tappeti tipo splittmastix studiate con metodo Marshall**

<b>METODO MARSHALL</b>		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
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	%	≤ 25
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 massa volumica Marshall viene indicata nel seguito con $D_M$		

## **62.6 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 accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 3$ , del contenuto di aggregato fino (passante allo staccio UNI 2 mm) di  $\pm 2$ , del passante al setaccio UNI 0,063 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.

## **62.7 ESECUZIONE DEI LAVORI**

### **62.7.1 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE**

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

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

In ciascun impianto, la produzione 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 della 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.

### **62.7.2 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA**

Prima di iniziare la stesa del conglomerato bituminoso drenante e/o fonoassorbente o del microtappeto a caldo va verificata l'efficienza delle opere per il deflusso delle acque e in particolare della canaletta di raccolta lungo la banchina laterale. Se non sono rispettate le pendenze trasversali del piano di posa (sempre > 2.5%), questo deve essere risagomato: allo stesso modo vanno verificate le pendenze longitudinali. E' poi necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale. Successivamente, in base alle caratteristiche del piano di posa, si procederà nei modi di seguito descritti:

1. Qualora lo strato drenante (o il microtappeto a caldo) debba essere posizionato su di una vecchia pavimentazione fresata, in buone condizioni, senza fessurazioni, verrà stesa come impermeabilizzazione per la struttura sottostante, una membrana sottile realizzata con bitumi modificati spruzzati a caldo (temperatura > 180°C) in ragione di  $1,20 \pm 0,2 \text{ kg/m}^2$ , mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Il bitume modificato steso a caldo avrà le caratteristiche riportate nella
- 2.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

3.

4. Tabella 62-4. Per evitare il danneggiamento della membrana che potrebbe essere causata dall'adesione dei mezzi di cantiere alla stessa, si dovrà provvedere allo spandimento, con apposito mezzo, di graniglia basaltica prebitumata avente pezzatura 4/8 mm, in quantità di circa 6-8 l/ m<sup>2</sup> ;
5. Nel caso in cui lo strato drenante (o il microtappeto a caldo) debba essere realizzato su di una vecchia pavimentazione fresata ma fessurata, si metterà in opera una membrana rinforzata SAMI. Essa permette di: garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente, di impermeabilizzare la struttura esistente, di prevenire la risalita di eventuali fessure dalla fondazione e distribuire uniformemente le tensioni dovute al passaggio dei veicoli. Per realizzare la SAMI si procederà con le modalità sopra descritte spruzzando bitume modificato in ragione di 2.2 ± 0.2 kg/m<sup>2</sup> con successiva granigliatura in quantità di circa 20 l/m<sup>2</sup> . Quest'ultima operazione sarà seguita dal passaggio di rullo gommato e successivamente della motospazzatrice per l'asporto della graniglia non bene ancorata alla membrana;
6. Nel caso in cui lo strato drenante (o il microtappeto a caldo) debba essere realizzato su di una pavimentazione in conglomerato bituminoso in buone condizioni, la mano d'attacco impermeabilizzante verrà eseguita con la spruzzatura di una emulsione di bitume modificato con le caratteristiche minime riportate in Tabella 62-15, effettuata mediante apposite macchine spanditrici automatiche in ragione di 1.5 ± 0.2 kg/m<sup>2</sup> e successiva granigliatura come descritto al punto 1.

Anche per il manto di usura di tipo splittmastix bisogna provvedere ad eseguire, prima della stesa, un'accurata pulizia della superficie stradale eliminando, inoltre, l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale. In questo caso, la mano d'attacco ha il solo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante: essa sarà eseguita con bitumi modificati stesi in ragione di 1.0 ± 0.2 kg/m<sup>2</sup> mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Il bitume modificato steso a caldo avrà le caratteristiche riportate nella

Tabella 62-4. Per evitare il danneggiamento della membrana che potrebbe essere causata dall'adesione dei mezzi di cantiere alla stessa, si dovrà provvedere allo spandimento, con apposito mezzo, di graniglia prebitumata avente pezzatura 8/12 mm, in quantità di circa 6-8 l/ m<sup>2</sup> . In casi particolari o quando la Direzione Lavori lo ritenga opportuno, si potrà realizzare la mano d'attacco utilizzando una emulsione di bitume modificato con le caratteristiche minime previste dalla Tabella 62-15 stesa mediante apposite macchine spanditrici automatiche in ragione di 1.5 ± 0.2 kg/m<sup>2</sup> e successiva granigliatura come sopra descritto. L'eccesso di graniglia non legata dovrà essere asportato mediante impiego di motospazzatrice.

**Tabella 62-15 Caratteristiche minime dell'emulsione di bitume modificato**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
-----------------------	-----------	-----------------	----------------

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Polarità	UNI EN 1430		> 0
Contenuto di acqua % peso	UNI EN 1428	%	30 ± 1
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	70 ± 1
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12846	°E	> 20
Sedimentazione a 5 gg	UNI EN 1430	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 65
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 1430	%	> 75

### 62.7.3 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. Lo spessore dello strato deve essere posato per la sua intera altezza ( spessore minimo: 4 cm per CDF e microtappeti a caldo, 3 cm per SMA) con un'unica passata, limitando il più possibile le interruzioni della stesa ed evitando interventi manuali per la correzione delle anomalie. Nel caso dei CDF, considerata la marcata rapidità di raffreddamento dello strato dipendente dalla elevata porosità degli spessori, va interdetta la stesa a temperatura ambientale inferiore a 8 °C.

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. Nel caso di tappeti drenanti e/o fonoassorbenti, per non ridurre la capacità drenante trasversale dello strato, è escluso il ricorso a mani d'attacco con legante bituminoso sul bordo freddo longitudinale della striscia realizzata in precedenza. Eccezionalmente si può riscaldare il bordo della striscia adiacente già stesa con il ristuccatore a raggi infrarossi montato sulla finitrice.

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.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

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.

## **62.8 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 nelle Tabella 62-17 e Tabella 62-18 .

### **62.8.1 CONTROLLO DELLE FORNITURE**

Valgono le indicazioni riportate al paragrafo 61.7.1 con le limitazioni riportate in Tabella 62-16 .

### **62.8.2 CONTROLLO DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA**

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

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di rottura diametrale a 25 °C (Prova Brasiliana, UNI EN 12697-23).

In mancanza della Pressa Giratoria vengono effettuate le seguenti prove Marshall:

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

- massa volumica (DM);
- stabilità e rigidità (prEN 12697-34);
- percentuale dei vuoti residui (prEN 12697-8);
- perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (EN 12697-12);
- resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana, UNI EN 12697-23).

### **62.8.3 CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI**

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

Sulle carote verranno determinati:

- Lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui;

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate dalle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Lo spessore medio dello strato deve essere non inferiore a quello previsto nel progetto.

#### **Caratteristiche superficiali e regolarità**

Valgono le stesse indicazioni riportate al paragrafo 61.7.3, con le limitazioni riportate in Tabella 62-17. In situ dovrà essere, inoltre, misurata la capacità drenante con il permeametro portatile a colonna d'acqua secondo la norma francese AFNOR NFP 98-254-3, con la frequenza riportata in Tabella 62-18. La capacità drenante misurata deve essere  $\geq 5,0 \text{ dm}^3/\text{min}$  per i drenanti e  $\geq 1,6 \text{ dm}^3/\text{min}$  per i microtappeti a caldo.

#### **Tolleranze sui risultati e penali**

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

Qualora i valori dei vuoti, determinati sulle carote, risultassero 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 28% per il C.B. drenante, del 22% per il microtappeto a caldo e del 10% per lo SMA: valori dei vuoti superiori a tali limiti comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa. Qualora il valore medio di BPN o HS, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea) o per ciascuna tratta da 50 m, sia inferiore ai valori prescritti per ciascun tipo di pavimentazione, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata. I valori della soglia di non accettabilità sono :

- BPN = 42

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

- HS = 0.3 mm

Qualora il valore medio di BPN o HS, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m sia inferiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza e alla stesa di un nuovo strato; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere, nel caso del microtappeto, alla realizzazione, a cura e spese dell'Impresa, di un nuovo strato al di sopra di quello esistente, previa stesa di una mano di attacco.

**Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto**

Valgono le stesse indicazioni riportate al paragrafo 61.7.3.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

**Tabella 62-16 Controllo delle forniture**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Drenante Microtappeto Splittmastix	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 62-3
Drenante Microtappeto Splittmastix	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 62-1
Drenante Microtappeto Splittmastix	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 62-2
Drenante Microtappeto Splittmastix	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella 62-4

**Tabella 62-17 Controllo delle miscele in opera**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Drenante Microtappeto Splittmastix	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Drenante Microtappeto Splittmastix	Carote x spessori	Pavimentazio ne	Ogni 1000 m <sup>2</sup> di stesa	Spessore previsto in progetto
Drenante Microtappeto Splittmastix	Carote x densità in sito	Pavimentazio ne	Ogni 2000 m <sup>2</sup> di stesa	% dei vuoti della miscela di progetto

**Tabella 62-18 Controlli prestazionali sugli strati finiti**

STRATO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Drenante	Ogni 10 m di stesa	BPN ≥ 55 (ogni 50 m)
Microtappeto	Ogni 10 m di stesa	BPN ≥ 60 (ogni 50 m)
Splittmastix	Ogni 10 m di stesa	BPN ≥ 65 (ogni 50 m)
Drenante	Ogni 10 m di stesa	HS ≥ 0,8mm (media su 50 m)
Microtappeto	Ogni 10 m di stesa	HS ≥ 0,6 mm (media su 50 m)
Splittmastix	Ogni 10 m di stesa	HS ≥ 0,5 mm (media su 50 m)
Drenante	Ogni 250 m di stesa	Capacità drenante ≥ 18 dm <sup>3</sup> /min.
Microtappeto	Ogni 250 m di stesa	Capacità drenante ≥ 5 dm <sup>3</sup> /min..

### Articolo 63

#### TRATTAMENTI BITUMINOSI A FREDDO

I trattamenti bituminosi a freddo consistono in interventi sulle pavimentazioni stradali eseguiti con l'impiego di emulsioni bituminose. Nel presente articolo sono trattate alcune delle lavorazioni più diffuse rappresentate da: trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo e microtappeti a freddo (slurry seals).



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## **63.1 TRATTAMENTI SUPERFICIALI DI IRRUVIDIMENTO A FREDDO**

### **63.1.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI**

I trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo sono interventi finalizzati al miglioramento dell'aderenza e dell'impermeabilità della superficie stradale. Essi possono essere impiegati su strade con velocità di progetto media o bassa e nei tratti non soggetti ad azioni tangenziali particolarmente gravose.

Schematicamente si realizzano mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa seguita dalla stesa di aggregati lapidei di ricoprimento, secondo dosaggi prestabiliti. A seconda che tale procedimento si ripeta una ovvero due volte si parlerà rispettivamente di trattamenti superficiali di irruvidimento monostrato oppure bistrato.

### **63.1.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI**

#### **63.1.2.1 Aggregati**

Gli aggregati devono essere puliti, esenti da parti fini (< 1 mm) o da materiali estranei. Sono costituiti da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, raggruppabili in classi d/D la cui granulometria deve rientrare nei limiti indicati in Tabella 63-1. Per gli aggregati è consentito l'impiego di classi diverse, in alternativa a quelle riportate in Tabella 63-1, purché di dimensioni prossime, fermi restando i criteri che fissano i requisiti granulometrici di accettazione. Le caratteristiche fisiche, geometriche e meccaniche devono essere tali da garantire elevata resistenza all'urto e all'abrasione, oltre che evitare l'insorgere prematuro di indesiderati fenomeni di levigatura sotto l'azione dei pneumatici. In

Tabella 63-2 sono indicate le specifiche richieste suddivise in funzione del volume di traffico.

**Tabella 63-1 Requisiti granulometrici degli aggregati**

classificazione	classe "d/D" (mm)	% trattenuto "D"	% passante "d"	% passante 0.5 mm	% passante 0.05 mm
pietrischetto	12/16	≤ 10 (°)	≤ 10 (°)	≤ 0.5	≤ 0.05
pietrischetto	8/12				
graniglia	6/10				
graniglia	4/6				
graniglia	2/4 (*)				
Le dimensioni d,D sono riferite alle aperture di setacci a maglie quadre (°) la somma della frazione % maggiore di "D" e minore di "d" deve comunque essere inferiore al 15% (*) classe utilizzata in ambito urbano					

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 63-2 Requisiti fisico-meccanici degli aggregati lapidei**

Caratteristiche Aggregati lapidei	normativa di riferimento	Traffico nei due sensi		
		PP	M e P	L
Los Angeles (*)	UNI EN 1097/2	≤ 18	≤ 20	≤ 25
Micro Deval umida (*)	UNI EN 1097/1	≤ 12	≤ 15	≤ 20
CLA	UNI EN 1097/8	≥ 45	≥ 44	≥ 42
Spogliamento	UNI EN 12697/11	0	0	0
Sensibilità al gelo (°)	UNI EN 1367/1	≤ 20	≤ 20	≤ 20
Indice di appiattimento	UNI EN 933/3,4	≤ 15	≤ 20	≤ 20

(\*) 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.  
(°) in zone considerate soggette a gelo

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 di fiducia dell'Amministrazione.

#### **63.1.2.2 Legante**

L'emulsione bituminosa deve essere caratterizzata da elevato contenuto di bitume, rapida velocità di rottura ed elevata viscosità; in considerazione delle prestazioni richieste tale emulsione deve essere modificata con polimeri avente le proprietà riportate in  
Tabella 63-3.

**Tabella 63-3 Requisiti dell'emulsione bituminosa**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Polarità	UNI EN 1430		Positiva
Contenuto di acqua % peso	UNI EN 1428	%	30±1
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	70±1
Flussante (%)	UNI EN 1431	%	0
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12846	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	UNI EN 1430	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 65

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 di fiducia dell'Amministrazione.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### 63.1.3 COMPOSIZIONE DEI TRATTAMENTI

#### Monostrato

Per l'esecuzione di un trattamento monostrato a singola granigliatura possono essere utilizzate le classi di graniglia 2/4 (per interventi in ambito urbano), 4/6 e 6/10 per gli altri ambiti.

#### Bistrato

Il trattamento superficiale bistrato a doppia granigliatura può utilizzare come aggregati di ricoprimento le classi granulometriche 8/12 + 4/6, 6/10 + 2/4, 8/12 + 4/6.

#### Dosaggi

I dosaggi di graniglia e di emulsione bituminosa per unità di superficie variano in funzione del tipo di trattamento da realizzare e delle classi granulometriche degli aggregati, secondo i valori orientativi riportati in Tabella 63-4.

**Tabella 63-4 Dosaggi di graniglia ed emulsione bituminosa**

Tipo di trattamento	Aggregati		Emulsione
	classe "d/D"	dosaggio (litri/m <sup>2</sup> )	Dosaggio (kg/m <sup>2</sup> )
monostrato	4/6	6.0 ÷ 7.0	1.30
monogranigliatura	6/10	8.0 ÷ 10.0	1.50
bistrato	I° strato: 6/10	8.0 ÷ 9.0	1.40
doppia granigliatura	II° strato: 2/4	5.0 ÷ 6.0	1.10
	I° strato: 8/12	9.0 ÷ 10.0	1.50
	II° strato: 4/6	6.0 ÷ 7.0	1.40

I quantitativi indicati in Tabella 63-4 potranno essere variati dalla Direzione Lavori, senza che l'Impresa possa avanzare richieste di maggiori compensi, in funzione dello spessore medio dello strato considerato e delle caratteristiche di appiattimento degli aggregati impiegati. Tale dosaggio deve inoltre tenere conto del volume di traffico previsto, del clima e delle caratteristiche superficiali della pavimentazione esistente; in particolare per superfici lisce ricche di bitume potrà essere prevista una riduzione di detto dosaggio che potrà invece essere aumentato nel caso di superfici rugose, povere di bitume ed eventualmente parzialmente porose. Anche in questo caso sarà compito della Direzione Lavori stabilire il corretto quantitativo di legante, in funzione delle specifiche condizioni, senza che l'Impresa abbia diritto a maggiori compensi.

Ai fini dell'accettazione dei materiali, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del trattamento superficiale tramite certificazione attestante i requisiti indicati.

In alcuni casi, per interventi di particolare importanza, i dosaggi devono essere verificati ed adattati alle specifiche circostanze mediante prove preliminari in vera grandezza predisponendo studi di tipo prestazionale.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### **63.1.4 ESECUZIONE DEI LAVORI**

#### **63.1.4.1 Attrezzature di cantiere**

Per l'esecuzione dei trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo, l'attrezzatura essenziale di cantiere è costituita dai mezzi meccanici elencati di seguito:

- motospazzatrice: deve essere di tipo semovente tale da garantire la rotazione e la perfetta funzionalità delle spazzole (non metalliche);
- cisterna spruzzatrice: deve essere di tipo semovente con dispositivo autonomo di riscaldamento e munita di pompa per l'alimentazione della rampa di spruzzaggio del legante. Quest'ultima deve assicurare l'uniforme distribuzione (sia in senso longitudinale che trasversale) del legante sulla superficie stradale secondo la quantità prestabilita, con accurato controllo del dosaggio;
- spandigraniglia: è costituita, nel più semplice dei casi da un sistema di ripartizione a pettine montato sulla parte terminale posteriore del cassone a ribaltamento idraulico di un autocarro. La spandigraniglia può essere anche rimorchiata con altezza dei pettini tale da risultare molto vicini a terra (max 30 cm.). In ogni caso la granigliatrice deve essere in grado di assicurare la distribuzione degli aggregati in maniera uniforme e continua secondo le quantità di pietrischetto o graniglie prestabilite;
- rulli: possono essere metallici e/o gommati. Il tipo a ruote multiple gommate con battistrada liscio deve essere in grado di esercitare una pressione non inferiore a  $0.6 \text{ N/mm}^2$ . I rulli metallici devono essere vibranti e dotati di cilindri rivestiti di gomma allo scopo di evitare lo schiacciamento del granulato. In alternativa alla cisterna spruzzatrice e alla spandigraniglia, è raccomandato l'utilizzo di apposite macchine polivalenti in grado di effettuare simultaneamente la stesa dell'emulsione bituminosa e della graniglia favorendo un migliore rivestimento dei granuli da parte del legante.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

#### **63.1.4.2 Preparazione delle superfici di stesa**

La pavimentazione esistente deve presentare una superficie priva di degradazioni significative (es. ormaie, avvallamenti e fessurazioni estese) tali da compromettere l'efficacia del trattamento. Eventuali fessure longitudinali o di giunto dovranno essere sigillate preventivamente in modo da predisporre un manto stradale continuo per uniformare il dosaggio di legante.

Nel caso che la superficie si presenti eccessivamente sporca, la Direzione Lavori ha la facoltà di ordinare all'Impresa interventi di pulizia senza che ne derivino compensi aggiuntivi.

#### **63.1.4.3 Posa in opera**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

L'esecuzione del trattamento non deve essere effettuata se la temperatura superficiale della pavimentazione risulta inferiore a 10°C, se la temperatura dell'aria è minore di 10°C, in caso di pioggia oppure di strada bagnata.

L'intervento ha inizio con la spruzzatura dell'emulsione secondo il dosaggio prestabilito.

Durante la stesa dell'emulsione deve essere controllata la ripartizione del legante trasversalmente alla strada; la cisterna spruzzatrice deve inoltre assicurare ovunque l'uniformità di dosaggio. Eventuali giunti longitudinali non devono essere ubicati nelle zone della carreggiata più battute dalle ruote dei veicoli. La larghezza della striscia spruzzata deve essere compatibile con la larghezza copribile con un passaggio di spandigraniglia la quale deve seguire la spruzzatrice ad una distanza massima di 40 m.

La rullatura deve avvenire alla stessa distanza dalla spandigraniglia eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2/3 km/h per le prime tre passate e di 8/10 km/h per le rimanenti.

Nel caso di trattamenti monostrato l'esecuzione termina con la rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura ovvero dopo le prime 24 ore di apertura al traffico veicolare a velocità limitata.

Per i trattamenti bistrato, l'applicazione della seconda mano di legante non deve causare sovrapposizioni dei "giunti" longitudinali di spruzzatura. I granulati di rigetto dal bordo della prima banda di stesa devono essere eliminati prima della spruzzatura della banda adiacente.

Seguirà la seconda stesa degli aggregati mediante spandigraniglia che deve passare sugli inerti stesi in modo da non asportare il legante fresco. Successivamente si deve effettuare una rullatura analoga a quella descritta per la compattazione del primo strato eseguendo un numero di passate di norma non inferiore a 5 con una velocità di 2/3 km/h per le prime tre e di 8/10 km/h per le rimanenti.

Anche in questo caso al termine dell'esecuzione del trattamento si deve provvedere alla rimozione dell'aggregato in eccesso mediante apposita spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura ovvero dopo le prime 24 ore di apertura al traffico veicolare a velocità limitata.

In ogni caso si deve garantire che al termine della giornata lavorativa, sulla superficie di intervento sia stato eseguito anche il secondo strato.

Nel caso di cantieri ad elevato rendimento (superiori a 10.000 m<sup>2</sup>/giorno) è indispensabile la presenza di due compattatori. Anche nel caso dei trattamenti bistrato, una volta eseguita la rullatura della seconda granigliatura, occorre eliminare gli aggregati di rigetto mediante una spazzatrice aspirante, con potenza opportunamente dosata, dopo circa due ore e non oltre tre ore dal termine delle operazioni di rullatura.

L'apertura al traffico, al termine dell'esecuzione del trattamento superficiale, deve prevedere la limitazione della velocità dei veicoli a 60 km/h per le strade più importanti, e a 30 km/h per quelle secondarie, per un periodo di almeno 24 ore.

A seconda delle condizioni riscontrate dopo questo primo giorno di traffico la Direzione Lavori si riserva la facoltà di far passare la spazzatrice per eliminare ulteriormente il rigetto.

L'apertura al traffico è fondamentale per il completamento e la finitura del mosaico di

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

incastrato del trattamento; in caso di pioggia successiva alla stesa la strada non deve essere riaperta al traffico.

### 63.1.5 CONTROLLI

Il controllo della qualità dei trattamenti superficiali di irruvidimento a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

#### 63.1.5.1 Controllo delle forniture

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono riassunti nella Tabella 63-5. Nel caso di prove o prelievi in situ, il valore previsto in fase di progetto deve essere confrontato con la media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza massima di 1 km).

#### 63.1.5.2 Controllo delle miscele prelevate in fase di posa in opera

La verifica di qualità dell'emulsione bituminosa e degli aggregati lapidei posti in opera deve avvenire con frequenza giornaliera oppure ogni 10.000 m<sup>2</sup> di stesa; il controllo sui dosaggi dei materiali, oltre che in corso d'opera ogni 2000 m<sup>2</sup> di stesa, potrà essere effettuato sulle quantità totali consumate (peso del legante, volume degli aggregati) ogni giorno lavorativo oppure ogni 10.000 m<sup>2</sup>; in ogni caso i quantitativi impiegati non devono essere inferiori a quelli stabiliti in fase di progetto e confermati dalla Direzione Lavori con tolleranze del  $\pm 5\%$  per il legante e  $\pm 10\%$  per gli aggregati. Differenze superiori saranno in ogni caso penalizzate con una riduzione del 15 % del compenso.

**Tabella 63-5 Controllo dei materiali e verifica prestazionale**

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
emulsione bituminosa	Cisterna	Settimanale oppure ogni 50000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 63-3
Aggregato	deposito di stoccaggio	Settimanale oppure ogni 50000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 63-1 e Tabella 63-2
emulsione bituminosa	autobotte spruzzatrice	giornaliero oppure ogni 10000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 63-3
Aggregato	tramoggia spandigraniglia	giornaliero oppure ogni 10000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 63-1 e Tabella 63-2
dosaggio legante	Pavimentazione	Ogni 2000 m <sup>2</sup> di stesa	$\pm 5\%$ del valore risultante dallo studio del trattamento

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

dosaggio aggregati	Pavimentazione	Ogni 2000 m <sup>2</sup> di stesa	± 10 % del valore risultante dallo studio del trattamento
aderenza	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (BPN)	BPN ≥ 65 (media/50 m)
macrorugosità	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (HS)	HS ≥ 0,7 mm (media/50 m)

### 63.1.5.3 Controlli prestazionali sugli strati finiti

La resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) deve fornire valori di BPN (British Pendulum Number) maggiori o uguali a 65. Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0,65. In alternativa, possono essere eseguite prove ad alto rendimento utilizzando una delle apparecchiature che hanno partecipato all'esperienza di armonizzazione dell'AIPCR (1992): per l'utilizzazione di queste apparecchiature, vale quanto riportato al paragrafo 61.7.3.

L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia UNI EN 933/8, deve essere superiore o uguale a 0,7 mm. Misure eventualmente eseguite con apparecchiature ad alto rendimento devono essere riferite all'altezza di sabbia (HS) con apposite relazioni.

Le misure di aderenza e macrotessitura devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico 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 BPN o di HS (o di parametri equivalenti), per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 12 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") sia inferiore ai valori prescritti, il trattamento superficiale viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di BPN o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,30 mm l'Impresa è tenuta a sue spese ad eseguire l'asportazione completa del trattamento e al rifacimento dello stesso.

Il controllo visivo dello strato finito deve avvenire tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico della strada secondo un criterio che prevede la suddivisione del trattamento in maglie di superficie Sm lunghe 100 m aventi larghezza pari a quella di una corsia.

### 63.1.5.4 Controllo visivo

L'aspetto visivo della generica maglia si valuta determinando il rapporto tra la somma ponderata della superficie degradata Sd e quella della maglia di riferimento Sm. In particolare il calcolo di Sd è dato dalla seguente espressione:

$$Sd = Sr + 0.5 \times Sp + Spl$$

in cui: Sr = superficie che presenta trasudamenti di legante  
Sp = superficie che presenta asportazione di elementi lapidei

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Spl = superficie che presenta asportazione a placche del trattamento

I livelli qualitativi per l'aspetto visivo e le relative detrazioni da applicare al trattamento eseguito sono riportate in Tabella 63-6.

**Tabella 63-6 Livelli qualitativi e relative detrazioni per l'aspetto visivo**

Livello qualitativo	Aspetto visivo $V_i$		Penali sul prezzo della singola maglia $S_m$
SCADENTE	$S_d/S_m > 8 \%$	$V_0$	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto $S_d/S_m$ calcolato; rimozione e rifacimento completo del trattamento nella maglia considerata se $S_d/S_m > 15 \%$
SUFFICIENTE	$S_d/S_m \leq 8 \%$	$V_1$	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto $S_d/S_m$ calcolato
DISCRETO	$S_d/S_m \leq 5 \%$	$V_2$	detrazione di una percentuale pari al doppio del rapporto $S_d/S_m$ calcolato, ridotta del 4 % (es. $S_d/S_m = 3 \%$ → penale = $2 \times 3 - 4 = 2 \%$ )
BUONO	$S_d/S_m \leq 2 \%$	$V_3$	nessuna detrazione

## 63.2 MICROTAPPETI A FREDDO (SLURRY SEALS)

### 63.2.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

I microtappeti a freddo sono interventi finalizzati al miglioramento dell'aderenza e dell'impermeabilità superficiale di pavimentazioni flessibili. Essi consistono nella stesa in strati sottili di malte bituminose irruvidite, ottenute miscelando aggregati lapidei di qualità con emulsioni bituminose elastomerizzate ed idonei additivi, con eventuale aggiunta di acqua e di fibre. Essi possono essere impiegati anche su strade con velocità di progetto elevate e su tratti in cui si hanno impegni significativi dell'aderenza (curve, intersezioni, livellette con pendenze elevate)

### 63.2.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

#### 63.3.2.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei sono costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee; essi devono soddisfare particolari requisiti in termini di granulometria, forma, pulizia, e resistenza meccanica.

**L'aggregato grosso**, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 63-7, deve essere ottenuto esclusivamente dalla frantumazione di rocce di cava.

**Tabella 63-7 Requisiti dell'aggregato grosso**

Parametro	normativa	requisito
Los Angeles (*)	UNI EN 1097/2	$\leq 18$
Micro Deval umida (*)	UNI EN 1097/1	$\leq 12$



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

CLA	UNI EN 1097/8	≥ 45
Spogliamento	UNI EN 12697/11	0
Sensibilità al gelo (°)	UNI EN 1367/1	≤ 20
Indice di appiattimento	UNI EN 933/3,4	≤ 15
(*) 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.		
(^) in zone considerate soggette a gelo		

L'aggregato fine, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 63-8 deve essere composto da sabbia di frantumazione. In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia deve garantire una buona tenacità.

La somma dei trattenuti in peso delle sabbie aventi diametro equivalente maggiore di 2 mm (maglia quadra) non deve superare nella curva granulometrica finale il 10 % in peso quando le stesse sabbie provengono da rocce aventi un valore di C.L.A.  $\square \leq 0,43$ .

**Tabella 63-8 Requisiti dell'aggregato fine**

Parametro	normativa	requisito
Los Angeles (*)	UNI EN 1097/2	≤ 18
CLA	UNI EN 1097/8	≥ 45
Equivalente in sabbia ES	UNI EN 933/8	≥ 80
(*) ricavato sulla roccia di origine per la classe C .		

Il filler proveniente dalla frazione fine degli aggregati potrà essere integrato con filler di apporto costituito normalmente da cemento Portland 325 oppure da polvere di roccia calcarea, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per microtappeti a freddo deve soddisfare i requisiti indicati in Tabella 63-9.

**Tabella 63-9 Requisiti del filler per microtappeti a freddo**

Parametro	Normativa	Unità di misura	requisito
Spogliamento	UNI EN 12697/11	%	≤ 5
Passante allo 0.18	UNI EN 933/1	%	100
Passante allo 0.063	UNI EN 933/1	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1047/4	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179/1	ΔPA	≥ 5

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dei materiali tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

### 63.3.2.2 Legante

Il legante impiegato è una emulsione bituminosa elastomerizzata a rottura controllata, avente un contenuto di bitume pari al 60 % oppure al 65 %; le caratteristiche del legante residuo sono riportate in Tabella 63-10.

**Tabella 63-10 Requisiti del legante**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	requisito
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 60
Punto di rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	< -14
% di elastomero sul peso di bitume	-	%	3.5 ÷ 5.0

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 di fiducia dell'Amministrazione.

### 63.3.2.3 Acqua

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo deve essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche o comunque ritenute dannose.

## 63.2.3 STUDIO DELLA MISCELA DI PROGETTO

Le miscele devono avere una composizione diversa in funzione dello spessore finale che si intende ottenere; in

Tabella 63-11 sono riportati i requisiti granulometrici delle miscele per i diversi tipi di soluzione.

**Tabella 63-11 Requisiti granulometrici delle miscele**

SPESSORE	3 mm	6 mm	9 mm
Granulometria			
Passante al staccio 12. mm	-	-	100
Passante al staccio 8mm	100	100	85 ÷ 100
Passante al staccio 4 mm	85 ÷ 100	55 ÷ 85	55 ÷ 75
Passante al staccio 2 mm	58 ÷ 83	30 ÷ 55	30 ÷ 55
Passante al staccio 0.40 mm	22 ÷ 36	14 ÷ 28	14 ÷ 28

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Passante al staccio 0.125 mm	11 ÷ 22	8 ÷ 19	8 ÷ 19
Passante al staccio 0.063 mm	6 ÷ 10	5 ÷ 10	4 ÷ 10
Miscele			
Dosaggio della malta (kg/m <sup>2</sup> )	6 ÷ 10	8 ÷ 14	13 ÷ 20
D <sub>max</sub> aggregati (mm)	5 ÷ 6	7 ÷ 9	10 ÷ 12
Bitume residuo (% peso aggregati)	7 ÷ 10	6 ÷ 8	5 ÷ 7.5

### 63.3.3.1 Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al bitume, consentono di migliorarne le caratteristiche. Per favorire una distribuzione uniforme l'aggiunta deve avvenire per soluzione acquosa durante la preumidificazione.

### 63.3.3.2 Attivanti d'adesione

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 (temperatura ambientale e del piano di posa), 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 richieste di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate in Tabella 63-7.

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

### 63.3.3.3 Fibre

Le fibre minerali possono essere aggiunte alla malta bituminosa, mediante idonea apparecchiatura, quando ancora non è avvenuta la rottura dell'emulsione; ciò allo scopo di favorire l'esecuzione dei microtappeti conferendo maggiore consistenza e stabilità al momento dell'applicazione. Le fibre minerali devono possedere i requisiti indicati in Tabella 63-12 e vanno aggiunte con percentuali in peso riferite agli aggregati variabili tra lo 0,6% e 1,0%.

**Tabella 63-12 Requisiti per le fibre**

CARATTERISTICHE	Unità	Valore
Peso del filo	tex (g/km)	30 ± 2
Diametro medio del filo	micron	15 ± 1
Peso nominale/lineare della matassa	tex (g/km)	2400 ± 15
Resistenza alla trazione	MPa	2400 ÷ 3400
Allungamento massimo	%	3,5
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 700

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

I dosaggi indicati in Tabella 63-12 sono da ritenersi orientativi rispetto a quelli che devono essere formulati sulla base di studi specifici in relazione all'intervento da realizzare. Tali indagini di laboratorio devono consentire di valutare, oltre ai dosaggi di bitume residuo e degli aggregati, anche la compatibilità tra emulsione bituminosa ed aggregato lapideo, gli effetti dovuti all'apporto del filler e degli additivi, il quantitativo dell'eventuale acqua di apporto, il tempo di lavorabilità della malta.

### **63.2.4 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 attenervisi rigorosamente.

Nella curva granulometrica per l'aggregato grosso gli scostamenti delle singole percentuali devono essere al massimo pari a  $\pm 3\%$ ; per l'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) il limite dello scostamento ammissibile è pari a  $\pm 2\%$  mentre per il passante al setaccio UNI 0,075 mm sono ammesse variazioni non superiori a  $\pm 1,5\%$ .

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

Tali valori devono essere soddisfatti dai risultati ottenuti sulle miscele prelevate durante la stesa.

### **63.2.5 ESECUZIONE DEI LAVORI**

#### **63.2.5.1 Preparazione delle superfici di stesa**

Prima della realizzazione del microtappeto a freddo si deve procedere alla preparazione del piano di posa mediante pulizia della superficie stradale (rimozione di detriti, polveri e sostanze estranee), sigillatura delle fessure, riprofilatura dei tratti deformati, eventuale umidificazione del supporto se completamente asciutto e caldo.

#### **63.2.5.2 Confezionamento e posa in opera delle miscele**

Il confezionamento dell'impasto deve essere realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente in grado di assicurare lo stoccaggio dei materiali costituenti (aggregati lapidei, emulsione bituminosa, acqua, additivi, regolatori di rottura), il corretto dosaggio e un'intima miscelazione. La miscela verrà stesa direttamente dalla macchina stenditrice e livellata mediante apposito stenditore a carter. In particolari situazioni la Direzione Lavori potrà ordinare, dopo la stesa della malta e prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione del microtappeto prevedendo la stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 kg di sabbia/m<sup>2</sup> di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Nei casi in cui siano presenti zone caratterizzate da elevate sollecitazioni tangenziali, è possibile effettuare una doppia stesa della malta bituminosa. Al termine delle operazioni di stesa il microtappeto deve presentare un aspetto superficiale regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevole scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela e assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

In zone caratterizzate da elevate sollecitazioni superficiali tangenziali (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa sia leggermente rullata prima dell'indurimento. La rullatura deve essere effettuata con apposito rullo gommato leggero in grado di simulare l'azione del traffico veicolare, munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

La posa in opera del microtappeto deve essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore a 5 °C ed in caso di pioggia .

### **63.2.6 CONTROLLI**

Il controllo della qualità dei microtappeti a freddo e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e con prove in situ.

#### **63.2.6.1 Controllo delle forniture**

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono riassunti nella Tabella 63-13. Nel caso di prove o prelievi in situ, il valore previsto in fase di progetto deve essere confrontato con la media dei risultati sui tronchi omogenei (di lunghezza < 1 km).

#### **63.2.6.2 Controllo delle miscele prelevate in fase di posa in opera**

La verifica di qualità dei materiali deve avvenire con frequenza giornaliera oppure ogni 10000 m<sup>2</sup> di stesa; il controllo sui dosaggi, oltre che in corso d'opera ogni 2000 m<sup>2</sup> di stesa, potrà essere effettuato sulle quantità totali consumate (peso del legante, volume degli aggregati) ogni giorno lavorativo oppure ogni 10.000 m<sup>2</sup>; in ogni caso quantitativi di legante impiegati non devono essere inferiori a quelli stabiliti in fase di progetto e confermati dalla Direzione Lavori con tolleranze del  $\pm 5\%$ . Differenze superiori saranno in ogni caso penalizzate con una riduzione del 15 % del compenso.

#### **63.2.6.3 Controllo prestazionale sugli strati finiti**

Valgono le stesse indicazioni riportate al paragrafo 63.1.5.3.

**Tabella 63-13 Controlli dei materiali e verifica prestazionale**

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
emulsione bituminosa	Cisterna	Settimanale oppure ogni 50000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 63-10

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Aggregati e filler	Deposito	Settimanale oppure ogni 50000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 63-7, Tabella 63-8 , Tabella 63-9
emulsione bituminosa	Serbatoio	giornaliero oppure ogni 10000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 63-10
Aggregati e filler	Tramoggia	giornaliero oppure ogni 10000 m <sup>2</sup> di stesa	Tabella 63-7, Tabella 63-8 , Tabella 63-9
dosaggio legante	Pavimentazione	Ogni 2000 m <sup>2</sup> di fascia di stesa	± 5 % del valore risultante dallo studio del trattamento
aderenza	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (CAT) oppure ogni 100 m (BPN)	CAT ≥ 0,65 (media/50 m) BPN ≥ 65
macrorugosità	Pavimentazione	Ogni 10 m di stesa (HS) oppure ogni 100 m (HS)	HS ≥ 0,7 mm (media/50 m) HS ≥ 0,7 mm (per misure puntuali/100 m)

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

## Articolo 64

### STRATI DI BASE E BINDER REALIZZANTI CON CONGLOMERATI BITUMINOSI CONFEZIONATI A TIEPIDO

#### 64.1 GENERALITA' E DEFINIZIONI

I conglomerati bituminosi confezionati a tiepido (temperature di miscelazione inferiori a 130°C) garantiscono un basso impatto ambientale riducendo l'inquinamento da emissioni di fumi e polveri sia in fase di produzione sia durante la stesa in opera, cautelando gli operatori e garantendo loro una miglior qualità di lavoro; il contenimento della temperatura durante il confezionamento all'impianto e alla stesa si traduce poi in un considerevole risparmio energetico. Tali eco-obiettivi o eco-prestazioni dovranno essere affiancati ad elevate prestazioni fisico-meccaniche del prodotto finito tali da garantire una pavimentazione più sicura e più durevole. Oltre a questi obiettivi con l'impiego dei conglomerati tiepidi è possibile realizzare pavimentazioni bituminose anche in situazioni meteorologiche sfavorevoli (autunno o inverno) data l'elevata lavorabilità dei materiali a basse temperature e il lento decadimento della temperatura nel tempo.

Il conglomerato tiepido è costituito da una miscela di inerti lapidei di primo impiego (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) ed eventualmente materiale riciclato (materiale proveniente da fresatura stradale adeguatamente selezionato) impastata a basse temperature con due leganti bituminosi: TIPO A (soft) e TIPO B (hard).

#### 64.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

##### (a) AGGREGATI

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all'eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati tiepidi.

##### Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensione  $d$  uguale o maggiore di 1 mm e  $D$  maggiore di 2 mm, dove con  $d$  si indica la dimensione dello staccio inferiore e con  $D$  quella dello staccio superiore.

Deve essere sostituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, 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 Tabella 04-1 e Tabella 04-2.

**Tabella 04-1 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di base**

Parametro	Indicatori di qualità		VALORE
	Normativa	Unità di misura	
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 25
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 90
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	30

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Resistenza al gelo ( $DS_{LA}$ )	UNI EN 1367-1	%	$\leq 30$
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	$\leq 5$
Passante allo 0,063	UNI EN 933-1	%	$\leq 1$

**Tabella 04-2 Requisiti dell'aggregato grosso per strato di binder**

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	$\leq 25$
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	$\geq 90$
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	30
Resistenza al gelo ( $DS_{LA}$ )	UNI EN 1367-1	%	$\leq 30$
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	$\leq 5$
Passante allo 0,063	UNI EN 933-1	%	$\leq 1$
Indice appiattimento	UNI EN 933-3/4	%	$\leq 25$
Porosità	UNI EN 1936	%	$\leq 1,5$

#### Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensione  $d$  uguale a zero e  $D$  minore o uguale a 6,3 mm. Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nelle Tabella 04-3 e Tabella 04-4.

**Tabella 04-3 Requisiti dell'aggregato fine per strato di base**

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	$\geq 50$
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	$\leq 25$

**Tabella 04-4 Requisiti dell'aggregato fine per strato di binder**

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	$\geq 60$
Passante allo 0,063	UNI EN 933-1	%	$\leq 2$
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	$\geq 50$

Il **filler** è la frazione passante allo staccio 0,063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati; può essere costituito, inoltre, da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso, il filler per conglomerati tiepidi deve soddisfare i requisiti in Tabella 64-5.

**Tabella 64-5 Tabella 20-5 Requisiti del filler**

Indicatori di qualità	Strato pavimentazione
-----------------------	-----------------------



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Parametro	Normativa	Unità di misura	Base, Binder
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Passante allo 0,18	UNI EN 933-1	%	100
Passante allo 0,063	UNI EN 933-1	%	≥ 80
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	DPA	≥ 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 di fiducia dell'Amministrazione.

#### (b) CONGLOMERATO RICICLATO

Per conglomerato riciclato si intende quello 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). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di "integrazione, riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella Tabella 64-6. La provenienza del conglomerato riciclato può essere diversa a seconda delle strato per il quale verrà impiegato:

- per lo strato di base può essere utilizzate conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza (usura, binder, base);
- per il binder può essere impiegate materiale proveniente dai vecchi strati di collegamento ed usura. La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

**Tabella 64-6 Composizioni indicative dei formulari per conglomerati tiepidi**

COMPOSIZIONE				
Tipi di Conglomerato	Strati di impiego	Materiali freschi (% di impiego nella miscela)	Materiali fresati (% di impiego nella miscela)	Attivanti Chimici Funzionali [A.C.F] (% in peso riferito al bitume)
CB "Tiepidi"	Base	≥ 70	< 30	< 10
	Binder	≥ 75	≤ 25	≤ 5

#### (c) LEGANTE

Il legante utilizzate per il confezionamento di conglomerati tiepidi è costituito da due tipi di leganti bituminosi: tipe A "soft" e tipe B "hard". Entrambi dovranno essere di tipe stradale (secondo la norma UNI EN 12591:2002) e tali da garantire il rispetto delle prestazioni del conglomerato bituminoso e riportate di seguito. La loro accettazione sarà comunque vincolata al rispetto delle caratteristiche riportate in Tabella 64-7.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 64-7 Requisiti del bitume per conglomerati tiepidi**

Tipo di Legante	Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Bitume tipo A "soft"	Viscosità cinematica a 60°C	UNI EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	8000-16000
Bitume tipo B "hard"	Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	20-30
	Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	55-63

La scelta della percentuale da utilizzare del legante tipo A "soft" e tipo B "hard" sarà decisa in fase di progetto della miscela; i dosaggi saranno stabiliti su base sperimentale in funzione delle caratteristiche e prestazioni finali previste per la miscela.

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: essa sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione. Dopo il confezionamento della miscela è necessario verificare che il bitume estratto (UNI EN 12697-3/4) rispetti le caratteristiche riportate in Tabella 64-8.

**Tabella 64-8 Requisiti del bitume recuperato da conglomerati tiepidi**

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	30-45
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	52-60
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 5
Viscosità cinematica a 135°C	UNI EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	≥ 400

#### (d) ADDITIVI

Per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati nelle miscele bituminose in genere si aggiungono agli aggregati o al legante dei prodotti naturali o artificiali che prendono il nome di additivi. Nel caso particolare di questa tecnologia, l'uso di additivi può non essere necessario. L'eventuale necessità di utilizzo di additivi deve essere valutato con attenzione mediante lo studio della miscela di progetto.

#### Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono additivi studiati appositamente per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare e devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella Tabella 64-9. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto e può essere determinato utilizzando la procedura riportata nella nota<sup>8</sup>.

<sup>8</sup> La quantità di ACF da impiegare dipende dalla percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere che si determina mediante 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:

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

dove:

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

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 64-9 Requisiti degli Attivanti Chimici Funzionali (ACF)**

Attivanti Chimici Funzionali (ACF)			
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

### 64.3 MISCELE

#### (a) COMPOSIZIONE DELLE MISCELE

La composizione indicativa delle miscele per la realizzazione di conglomerati tiepidi sono riportate nella Tabella 64-6. 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 64-10. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare attivate con ACF). riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego e la percentuale del componente di tipo A "soft" e tipo B "hard" devono essere determinate mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico in funzione delle caratteristiche e prestazioni finali previste per la miscela. Le caratteristiche richieste per i diversi strati sono riportate nella Tabella 64-11, Tabella 64-12.

**Tabella 64-10 Requisiti granulometrici delle miscele di aggregati**

a=% di aggregato trattenuto allo staccio UNI 2 mm;

b=% di aggregato passante allo staccio UNI 2 mm e trattenuto allo staccio 0,063mm;

c=% di aggregato passante allo staccio 0,063 mm;

d=0,15 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 11 e 15;

d=0,18 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 6 e 10;

d=0,20 per un passante allo staccio 0,063 mm  $\leq$  6;

f= parametro compreso normalmente tra 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 composta dal bitume estratto (metodo ASTM D5404-97) e dal 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 ai 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. La percentuale di rigenerante necessaria si ottiene da questo diagramma mediante interpolazione lineare alla viscosità di 2000 Pa\*s.

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Serie setacci UNI (mm)		Base	Binder
Setaccio 31,5	31,5	100	-
Setaccio 20	20	70 - 95	100
Setaccio 16	16	-	80 - 100
Setaccio 12,5	12,5	4 - 70	65 - 90
Setaccio 8	8	35 - 58	50 - 73
Setaccio 4	4	27 - 45	35 - 55
Setaccio 2	2	20 - 35	25 - 38
Setaccio 0,5	0,5	7 - 21	11 - 21
Setaccio 0,25	0,25	4 - 15	6 - 16
Setaccio 0,125	0,125	4 - 10	4 - 10
Setaccio 0,063	0,063	4 - 8	4 - 8
% di bitume		4,0 - 5,0	4,5 - 6,0

**Tabella 64-11 Requisiti delle miscele di conglomerato tiepido studiate con metodo volumetrico**

METODO VOLUMETRICO	Strato pavimentazione		
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder
Angolo di rotazione		1,25° ± 0,02	
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30	
Pressione verticale	kPa	600	
Diametro del provini	mm	150	100
<i>Risultati richiesti</i>			
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 - 14	10 - 14
Vuoti a 100 rotazioni <sup>(*)</sup>	%	3 - 5	3 - 5
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2

<sup>(\*)</sup> La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D<sub>G</sub>

**Tabella 64-12 Requisiti meccanici delle miscele per strati di binder e base di conglomerato tiepido studiate con metodo volumetrico**

Requisiti meccanici	Unità di misura	Bitume tal quale
Resistenza a trazione indiretta a 25°C <sup>(**)</sup> (UNI EN 12697 - 23)	N/mm <sup>2</sup>	> 0,6
Coefficiente di trazione indiretta <sup>9</sup> a 25°C <sup>(**)</sup> UNI EN 12697 - 23)	N/mm <sup>2</sup>	> 50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25

<sup>(\*\*)</sup> Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

Sui provini confezionati al 98% della D<sub>G</sub> deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (modulo resiliente. UNI EN 12697-26:2003) alla temperatura di 20°C che dovrà soddisfare i valori riportati in Tabella 64-13.

<sup>9</sup> Coefficiente di trazione indiretta  $CTI = \pi 2DRvDe$

Dove

D= dimensione in mm della sezione trasversale del provino

De= deformazione a rottura

Rt= resistenza a trazione indiretta

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

**Tabella 64-13 Requisiti di rigidità delle miscele di conglomerato tiepido**

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valore	
		Base	Binder
Modulo resiliente a 20°C (**) (UNI EN 12697 – 26 annesso C)	MPa	> 3000	> 3500

**(b) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE**

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, Additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

La D.L. in contraddittorio con l'impresa, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, potrà effettuare prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera. L'esito positivo dei suddetti controlli e verifiche non elimina le responsabilità dell'Impresa sull'ottenimento dei risultati finali del prodotto in opera che sono espressamente richiamati in questo articolo.

**(c) TOLLERANZE SUI RISULTATI**

Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di  $1\pm 5$  punti percentuali per lo strato di base e di  $\pm 3$  punti percentuali per lo strato di binder; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fine contenuti in  $\pm 2$  punti percentuali; scostamenti del passante allo staccio UNI 0,063 mm contenuti in  $1\pm 1.5$  punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di  $\pm 0.25\%$ . I precedenti valori devono essere rispettati sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

**64.4 ESECUZIONE DEI LAVORI**

**(a) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE**

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

Saranno accettati soltanto impianti discontinui in cui ogni componente sarà pesato. Gli impianti di produzione avranno piani di vagliatura (reti) attraverso cui gli aggregati saranno ben selezionati e poi pesati, idoneo mescolare per l'impasto della miscela e numero sufficiente di predosatori.

Si dovranno utilizzare due cisterne per lo stoccaggio dei leganti (A e B); il tipo A sarà mantenuto alla temperatura di circa 120°C mentre il tipo B a circa 160°C.

Gli aggregati, passando attraverso il cilindro essiccatore, saranno portati ad una temperatura di circa 130-140°C. Una volta scaricati, insieme al filler, nel mescolatore saranno sottoposti ad un primo stadio di miscelazione con il componente A e successivamente con il componente B, dopo che

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

quest'ultimo ha subito un processo di pseudo-schiumatura in un'apposita camera esterna al miscelatore.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nelle studio presentate ai fini dell'accettazione.

Se è previste l'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. Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata; inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate. 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 mescolazione sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti con il legante. Tale tempo sarà compreso fra 30 e 50 sec e sarà in funzione dell'efficienza dell'impianto.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 120° e 130°C. Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri (possibilmente ad infrarossi) fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

Altri controlli saranno eseguiti sulla taratura delle bilance.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare le 0.25% in peso.

L'impresa è tenuta a presentare a sue spese, prima dell'inizio dei lavori, una documentazione che evidenzia la riduzione delle emissioni al camino e del consumo energetico dell'essiccatore tra il sistema di produzione tradizionale a caldo dei conglomerati bituminosi e la nuova tecnologia a bassa temperatura. I valori dovranno rientrare nei limiti indicati in Tabella 64-14.

In qualsiasi momento della produzione l'Ente Committente potrà incaricare un Laboratorio qualificato e competente nei riguardi dei processi di produzione a basse temperature, da essa stessa scelto, per la verifica del rispetto dei valori riportati nella Tabella 64-14.

**Tabella 64-14 Requisiti ambientali dell'impianto di produzione**

Parametro	Riduzione valori registrati tra produzione tradizionale e a bassa temperatura	Unità di misura
CO <sub>2</sub>	Riduzione emissione al camino minima: 30%	Kg/h
SO <sub>2</sub>	Riduzione emissione al camino minima: 25%	Kg/h
NO <sub>x</sub>	Riduzione emissione al camino minima: 50%	Kg/h
Consumo energia	Riduzione combustibile tamburo essiccatore: 25%	m <sup>3</sup> /h

**(b) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA**

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

La preparazione delle superfici di stesa va eseguita prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso 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 l'applicazione di emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso allo scopo di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale e 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 al 55%, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 64-15, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a  $1,0 \text{ kg/m}^2$ .

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

Il dosaggio del materiale da impiegare, nonché le sue caratteristiche, variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione: nel caso di nuove costruzioni, si utilizzerà una emulsione bituminosa cationica (al 60% oppure al 65% di legante), le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 64-15 dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a  $0,30 \text{ kg/m}^2$ . Se il nuovo strato deve essere realizzato sopra una pavimentazione esistente è consigliato l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate in Tabella 64-15 dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a  $0,35 \text{ kg/m}^2$ .

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.

Nel caso in cui il conglomerato bituminoso debba essere steso 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 nella Tabella 64-15 per ciascun tipo di emulsione.

Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati.

**Tabella 64-15 Requisiti delle emulsioni bituminose cationiche per mani di ancoraggio e di attacco**

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%	Cationica		
				55%	60%	65%
Polarità	UNI EN 1430		> 0	> 0	> 0	> 0
Contenuto di acqua % in peso	UNI EN 1428	%	$30 \pm 1$	$45 \pm 2$	$40 \pm 2$	$35 \pm 2$
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	$70 \pm 1$	$55 \pm 2$	$60 \pm 2$	$65 \pm 2$
Flussante (%)	UNI EN 1431	%	0	1 - 6	1 - 4	1 - 4
Viscosità Engler a 20°C	UNI EN 12846	°E	> 20	2 - 6	5 - 10	15 - 20

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Sedimentazione a 5 gg	UNI EN 12847	%	< 5	< 5	< 10	< 8
<i>Residuo bituminoso</i>						
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	50 - 70	> 70		
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 65	> 35	> 40	> 40
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	> 75			

### **(C) POSA IN OPERA DELLE MISCELE**

I conglomerati tiepidi saranno posti in opera a mezzo di macchine vibrofinitrici, dei tipi approvati dalla D.L., in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento: in ogni caso, le vibrofinitrici devono lasciare una strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali. 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 dovrà 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.

Si devono programmare e realizzare le sovrapposizioni dei giunti longitudinali tra i vari strati in maniera tale 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 conglomerato dovrà essere trasportato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa 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 compresa tra 95 - 105 °C.

Qualora la temperatura risultasse superiore il materiale dovrà permanere in cantiere sui mezzi di trasporto fino alla temperatura prevista ovvero compresa tra 95 - 105 °C.

Qualora le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, si dovrà procedere alla sospensione della stesa: 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 comunque a temperatura compresa tra 95 - 105 °C e deve essere condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rulli gommati di idoneo peso, rulli metallici o tandem.

Dovrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 t per le operazioni di finitura dei giunti e riprese.

Al termine della compattazione gli strati di base e binder dovranno avere una densità uniforme in tutto lo spessore; la percentuale dei vuoti delle miscele non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quelle di progetto.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

A compattazione ultimata, la superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni in modo tale che un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla



	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

superficie finita di ciascuno strato vi aderisca uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Si potrà procedere alla stesa della miscela bituminosa delle strato di base solo dopo che sia stata accertata, da parte della Direzione Lavori, la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

La miscela bituminosa del binder 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.

#### **64.5 CONTROLLI**

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

##### **(a) CONTROLLO DELLE FORNITURE**

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l' accettazione, anche in corso d' opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego e del conglomerato da riciclare (fresato) deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all' impianto direttamente dalla cisterna.

I requisiti da soddisfare sono riportati nella Tabella 64-16.

**Tabella 64-16 Controllo delle forniture**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder	Bitume	Cisterna	Tabella 64-7
Base, Binder	Aggregato grosso	Impianto	Tabella 04-1 Tabella 04-2
Base, Binder	Aggregato fine	Impianto	Tabella 04-3 Tabella 04-4
Base, Binder	Filler	Impianto	Tabella 64-5

##### **(b) CONTROLLO DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA**

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in Tabella 64-17. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell' Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1/39);
- requisiti del bitume estratto (UNI EN 12697-3/4);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2).

	<b>Comune di Firenze</b> <b>Direzione Risorse Tecnologiche</b> <b>Direzione Servizi Tecnici</b> <b>Gruppo di lavoro Fi-Net</b>	<b>Progetto</b> <b>TiX2.Fi-Net</b>
		<b>Capitolato Speciale di appalto</b> <b>Norme Tecniche</b> <b>28/10/2010 V. 1.0</b>

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al § 64.3.

**Tabella 64-17 Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

**(c) CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI**

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella Tabella 64-18.

Sulle carote verranno determinati:

- lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota );
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui;
- il modulo resiliente E (UNI EN 12697-26 annesso C).

Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione di quest'ultima prova, il modulo resiliente verrà determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della massa volumica in sito.

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

**Tabella 64-18 Controlli prestazionali sugli strati finiti**

STRATO	TIPO DI CAMPIONE O DI PROVA	UBICAZIONE PRELIEVO O DELLA PROVA	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Base, Binder	Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 1000m <sup>2</sup> di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder	Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 2000m <sup>2</sup> di fascia di stesa	±2% dei vuoti della miscela di progetto
Complesso Base + Binder	Prove di portanza	Sito	Ogni 250m <sup>2</sup> di fascia di stesa	E > E della miscela di progetto

**Responsabile unico del procedimento**

**Progettisti**

Ing. Massimo Cappuccini

Mariagrazia Macchi

Andrea Tombelli