



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Anno 2023



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Indice

1	Criteri generali.....	13
1.1	Materiali	13
1.2	Certificati di prequalifica e relative penali	14
1.3	Controllo qualità	14
1.4	Non conformità e relative penali.....	15
2	Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	16
2.1	Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici	17
2.1.1	Aggregati	17
2.1.2	Additivi	18
2.1.3	Bitume.....	19
2.1.4	Miscela di progetto.....	19
2.1.5	Produzione della miscela	21
2.1.6	Preparazione della superficie di stesa	22
2.1.7	Posa in opera della miscela	22
2.1.8	Controlli.....	24
2.1.9	Penali.....	25
2.2	Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei	28
2.2.1	Aggregati	28
2.2.2	Additivi	29
2.2.3	Bitume	30
2.2.4	Miscela di progetto.....	30
2.2.5	Produzione della miscela	32
2.2.6	Preparazione della superficie di stesa	33
2.2.7	Posa in opera della miscela	33
2.2.8	Controlli.....	34
2.2.9	Penali.....	36
2.3	Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato.....	38
2.3.1	Aggregati	38



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2.3.2	Additivi	40
2.3.3	Bitume modificato	40
2.3.4	Miscela di progetto	41
2.3.5	Produzione della miscela	42
2.3.6	Preparazione della superficie di stesa	43
2.3.7	Posa in opera della miscela	43
2.3.8	Controlli	45
2.3.9	Penali	46
3	Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder	49
3.1	Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale	50
3.1.1	Aggregati	50
3.1.2	Additivi	51
3.1.3	Bitume	52
3.1.4	Miscela di progetto	52
3.1.5	Produzione della miscela	54
3.1.6	Preparazione della superficie di stesa	55
3.1.7	Posa in opera della miscela	55
3.1.8	Controlli	56
3.1.9	Penali	58
3.2	Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato	60
3.2.1	Aggregati	60
3.2.2	Additivi	61
3.2.3	Bitume modificato	62
3.2.4	Miscela di progetto	63
3.2.5	Produzione della miscela	64
3.2.6	Preparazione della superficie di stesa	65
3.2.7	Posa in opera della miscela	65
3.2.8	Controlli	66
3.2.9	Penali	68
3.3		
4		
5	Misto cementato prodotto in impianto	110
5.1	Misto cementato prodotto in impianto con aggregati vergini	111
5.1.1	Aggregati	111
5.1.2	Cemento	112

5.1.3	Acqua	112
5.1.4	Miscela di progetto	112
5.1.5	Produzione della miscela	114
5.1.6	Preparazione della superficie di stesa	115
5.1.7	Posa in opera della miscela	115
5.1.8	Controlli	117
5.1.9	Penali	118
5.2		
6	Misto granulare stabilizzato	131
6.1	Misto granulare stabilizzato con aggregati vergini	132
6.1.1	Aggregati	132
6.1.2	Miscela di progetto	132
6.1.3	Preparazione della superficie di stesa	133
6.1.4	Posa in opera della miscela	133
6.1.5	Controlli	134
6.1.6	Penali	134
6.2		



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

7	Strato anticapillare	143
7.1	Materiale arido per strato anticapillare.....	144
7.1.1	Aggregati	144
7.1.2	Posa in opera	144
7.1.3	Controlli.....	145
7.1.4	Penali.....	145
8	Applicazioni superficiali	147
8.1	Depolverizzazione con tre strati	148
8.1.1	Aggregati	148
8.1.2	Emulsione bituminosa.....	149
8.1.3	Preparazione del piano di posa	151
8.1.4	Equipaggiamento.....	151
8.1.5	Esecuzione della depolverizzazione.....	152
8.1.6	Controlli.....	153
8.1.7	Penali.....	153
8.2	Microtappeto a freddo.....	155
8.2.1	Aggregati	155
8.2.2	Emulsione di bitume modificato	157
8.2.3	Cemento.....	157
8.2.4	Miscela di progetto.....	158
8.2.5	Preparazione della superficie di stesa	159
8.2.6	Posa in opera della miscela	159
8.2.7	Controlli.....	160
8.2.8	Penali.....	161
9	Sistemi all'interfaccia.....	163
9.1	Impregnazione.....	164



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

9.1.1	Emulsione bituminosa a rottura lenta	164
9.1.2	Posa in opera dell'impregnazione	164
9.1.3	Controlli.....	165
9.1.4	Penali.....	165
9.2	Mano d'attacco.....	166
9.2.1	Emulsione bituminosa a rottura rapida	166
9.2.2	Posa in opera della mano d'attacco	167
9.2.3	Controlli.....	167
9.2.4	Penali.....	167
9.3	Geocomposito con rete o tessuto in fibra di vetro	169
9.3.1	Preparazione e posa in opera del geocomposito	170
9.3.2	Controlli.....	170
9.3.3	Penali.....	170
9.4	Geotessile non tessuto.....	171
9.4.1	Preparazione e posa in opera del geotessile non tessuto	171
9.4.2	Controlli.....	172
9.4.3	Penali.....	172
9.5	Geogriglia	173
9.5.1	Preparazione e posa in opera della geogriglia	173
9.5.2	Controlli.....	174
9.5.3	Penali.....	174
10	Sigillatura delle fessure.....	175
10.1	Sigillatura a caldo delle fessure	176
10.1.1	Mastice di bitume modificato con elastomeri	176
10.1.2	Aggregati per saturazione	176
10.1.3	Preparazione e posa.....	177
10.1.4	Controlli.....	177
10.1.5	Penali.....	177
10.2	Sigillatura a freddo delle fessure	178
10.2.1	Legante bicomponente	178
10.2.2	Aggregati per saturazione	178
10.2.3	Preparazione e posa.....	179
10.2.4	Controlli.....	179



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

10.2.5 Penali.....	179
--------------------	-----



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Indice delle tabelle

Tabella 1. Caratteristiche dell'aggregato grosso non carbonatica per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	17
Tabella 2. Caratteristiche dell'aggregato grosso addizionale (calcareo) per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	18
Tabella 3. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura.....	18
Tabella 4. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	18
Tabella 5. Caratteristiche del bitume tradizionale	19
Tabella 6. Fusso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	20
Tabella 7. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	21
Tabella 8. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici.....	24
Tabella 9. Caratteristiche dell'aggregato grosso di origine calcarea per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	28
Tabella 10. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	29
Tabella 11. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	29
Tabella 12. Caratteristiche del bitume tradizionale	30
Tabella 13. Fusso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	31
Tabella 14. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura.....	32
Tabella 15: Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso tipo usura con aggregati calcarei	35
Tabella 16. Caratteristiche dell'aggregato grosso non carbonatica per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	39
Tabella 17. Caratteristiche dell'aggregato grosso addizionale (origine calcarea) per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	39
Tabella 18. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	39
Tabella 19. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	39
Tabella 20. Caratteristiche del bitume modificato per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	40
Tabella 21. Fusso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura	41
Tabella 22. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura.....	42
Tabella 23. Controlli per il conglomerato bituminoso di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato	45



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Tabella 24. Caratteristiche dell'aggregato grosso	50
Tabella 25. Caratteristiche dell'aggregato fine	51
Tabella 26. Caratteristiche del filler.....	51
Tabella 27. Caratteristiche del bitume tradizionale	52
Tabella 28. Fusco di progetto e intervallo del contenuto di bitume	53
Tabella 29. Caratteristiche della miscela di progetto	54
Tabella 30. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo binder tradizionale	57
Tabella 31. Caratteristiche dell'aggregato grosso per bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato	60
Tabella 32. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato	61
Tabella 33. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato	61
Tabella 34. Caratteristiche del bitume modificato	62
Tabella 35. Fusco di progetto e intervallo del contenuto di bitume modificato	63
Tabella 36. Caratteristiche della miscela di progetto	64
Tabella 37. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo binder con bitume modificato	67



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Tabella 59. Caratteristiche dell'aggregato grosso per il misto cementato prodotto in impianto	111
Tabella 60. Caratteristiche dell'aggregato fine per isto cementato prodotto in impianto.....	112
Tabella 61. Fuso granulometrico in funzione della dimensione massima per il misto cementato prodotto in impianto	113
Tabella 62. Caratteristiche della miscela di progetto per il misto cementato prodotto in impianto.....	114
Tabella 63. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto	117
Tabella 69. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per il misto granulare stabilizzato	132
Tabella 70. Caratteristiche della miscela di progetto per il misto cementato prodotto in impianto.....	133
Tabella 71. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo in impianto	134
Tabella 75. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per strato anticapillare.....	144
Tabella 76. Controlli da eseguire per strato anticapillare	145
Tabella 77. Caratteristiche dell'aggregato in frazione unica per fondazione o risagomatura	149
Tabella 78. Caratteristiche dell'aggregato per depolverizzazione	149
Tabella 79. Aggregati e dosaggi per la depolverizzazione.....	149
Tabella 80. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per impregnazione	150



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Tabella 81. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per depolverizzazione.....	150
Tabella 82. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per depolverizzazione.....	150
Tabella 83. Emulsioni e dosaggi per la depolverizzazione	151
Tabella 84. Controlli per la depolverizzazione.....	153
Tabella 85. Caratteristiche dell'aggregato grosso per microtappeto a freddo	156
Tabella 86. Caratteristiche dell'aggregato fine per microtappeto a freddo	156
Tabella 87. Caratteristiche del filler per microtappeto a freddo.....	156
Tabella 88. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per microtappeto a freddo	157
Tabella 89. Fuso di progetto, intervallo del contenuto di bitume e dosaggio di miscela per microtappeto a freddo	158
Tabella 90. Prestazione della miscela per microtappeto a freddo	158
Tabella 91. Controlli per il microtappeto a freddo	160
Tabella 92. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per impregnazione	164
Tabella 93. Controlli da eseguire per l'impregnazione	165
Tabella 94. Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per mano d'attacco	166
Tabella 95. Caratteristiche dell'emulsione di bitume modificato per mano d'attacco	166
Tabella 96. Controlli da eseguire per la mano d'attacco	167
Tabella 97. Caratteristiche del geocomposito con rete in fibra di vetro	169
Tabella 98. Caratteristiche richieste per il geotessuto	171
Tabella 99. Prescrizioni per la geogriglia in fibra di vetro	173
Tabella 100. Caratteristiche del mastice di bitume modificato con elastomeri per sigillatura a caldo.....	176
Tabella 101. Caratteristiche dell'aggregati per la saturazione del legante di sigillatura	177
Tabella 102. Caratteristiche del legante bicomponente per sigillatura a freddo.....	178
Tabella 103. Caratteristiche dell'aggregati per la saturazione del legante di sigillatura	179



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

1 Criteri generali

Il Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali riporta i riferimenti operativi e prestazionali dei materiali da costruzione per le pavimentazioni stradali della rete viaria della Repubblica di San Marino. Il Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali disciplina inoltre la presentazione e l'approvazione dei documenti di prequalifica e il controllo qualità sulle opere.

Ogni articolo descrive il prodotto a partire dai materiali costituenti (natura e prestazioni) e dalla miscela di progetto (composizione e prestazioni), per poi passare alle fasi operative di produzione, preparazione della superficie di stesa, posa in opera ed infine concludere con i controlli di qualità e le penali in caso di non conformità.

1.1 Materiali

Parallelamente ai materiali tradizionali, sono trattati:

- materiali ad alte prestazioni come i conglomerati bituminosi per strato di usura e binder con bitume modificato con elastomeri Stirene-Butadiene-Stirene (SBS) particolarmente indicati su strade ad alto volume di traffico e soggette a forti variazioni termiche e i geocompositi da impiegare in specifiche situazioni localizzate;
- materiali alternativi come il conglomerato bituminoso tipo binder con riciclaggio a caldo per il quale non si prescrive un quantitativo massimo di conglomerato bituminoso di recupero ma se ne disciplina una accurata gestione e il controllo delle prestazioni;
- materiali ecosostenibili come il conglomerato bituminoso riciclato a freddo e i trattamenti superficiali a freddo. In particolare, il conglomerato bituminoso riciclato a freddo è prodotto e steso a temperatura ambiente, abbattendo drasticamente i consumi energetici e le emissioni, nonché composto da conglomerato bituminoso di recupero in sostituzione, fino al 100%, degli aggregati vergini di cava, con notevoli vantaggi sia per la tutela delle risorse naturali che della gestione degli stoccaggi in discarica. Mentre, i trattamenti superficiali a freddo risultano spesso una valida alternativa al conglomerato bituminoso tradizionale a caldo per strato di usura in quanto permettono di operare in maniera speditiva e a temperatura ambiente con notevoli vantaggi sia della gestione del cantiere e che dell'impatto ambientale.

Nel caso in cui non sia comprovata l'esperienza del produttore per i materiali definiti come alternativi ed ecosostenibili, la Direzione Lavori si riserva la possibilità di richiedere e coordinare una verifica in campo prova esterno al cantiere di progetto a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Il campo prova deve avere una dimensione minima di 350 m² (100 m × 3,50 m) per permettere la simulazione del cantiere in avanzamento e la stabilità di produzione dell'impianto. Per lo spessore dello strato si fa riferimento al progetto specifico e comunque la produzione della miscela da validare non deve essere inferiore a 90 t.

Ogni materiale (materiale costituente o prodotto) deve essere qualificato in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione e accompagnato da Dichiarazione di Prestazione (DoP o marcatura CE) nel rispetto della relativa norma europea armonizzata.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Una volta accettati i materiali da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al loro rigoroso utilizzo nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo "penali".

1.2 Certificati di prequalifica e relative penali

I certificati di prequalifica dei materiali devono essere consegnati alla Direzione Lavori entro e non oltre 5 giorni naturali consecutivi dalla firma del contratto e comunque almeno 15 giorni prima della consegna dei lavori in caso di consegna dei lavori nelle more del contratto. Nel caso in cui le rispettive Dichiarazioni di Prestazione (DoP o marcature CE) non riportino tutti i parametri richiesti dal Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali, la Direzione Lavori si riserva di richiedere, ove reputa necessario, una integrazione della documentazione con certificati di prova attestanti i requisiti previsti. Tale documentazione è valutata dalla Direzione Lavori che si riserva, entro 5 giorni lavorativi, di accettare i materiali o, nel caso di non conformità ai requisiti del Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali, di richiedere eventuali modifiche.

Non sono autorizzate lavorazioni che implicano l'utilizzo di prodotti non provvisti di documenti di prequalifica accettati formalmente dalla Direzione Lavori pena la loro rimozione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

La mancata consegna o la consegna parziale dei certificati di prequalifica da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto comporta l'applicazione di una penale pari al 5% del prezzo (al netto dello sconto) delle lavorazioni nelle quali è impiegato il materiale oggetto della suddetta prequalifica.

Eventuali lievi non conformità dei materiali costituenti o dei processi produttivi possono essere comunque accettati, a discrezione della Direzione Lavori, a patto che sia sempre e inequivocabilmente garantita la prestazione del prodotto e della pavimentazione.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

Una volta accettati i prodotti da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al loro rigoroso utilizzo nel rispetto delle tolleranze previste nel Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali.

1.3 Controllo qualità

La fase di controllo qualità è sistematica e operata dalla Direzione Lavori in piena autonomia. Le prove di controllo sono rivolte a materiali costituenti, miscela di progetto, prelievi estratti dalla pavimentazione e strato finito per verificarne le caratteristiche di accettabilità

La stazione appaltante seleziona autonomamente il laboratorio a servizio dell'appalto e gestisce in maniera sistematica la fase di controllo qualità secondo quanto stabilito dal Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

1.4 Non conformità e relative penali

Eventuali non conformità evidenziate dalla fase di controllo qualità comportano l'applicazione di penali fino alla rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto così come disciplinato negli specifici paragrafi del Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali.

Le penali relative alla prequalifica e/o alle non conformità sono applicate come decurtazione diretta dagli Stati Avanzamento Lavori (SAL) emessi dalla Stazione Appaltante. Su disposizione della Direzione Lavori dette penali possono essere escusse attraverso l'estensione, sullo stesso cantiere o sull'intero territorio, di una o più lavorazioni previste a base di gara al prezzo di aggiudicazione alla concorrenza della penale comminata.

Le penali sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2 Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2.1 Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (percentuale espressa in volume sulla miscela di inerti) è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata con bitume a caldo in impianti di tipo fisso automatizzati. **È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero fino al 10% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688.** Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata deve essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere. Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo 2.1.9 (Penali).

2.1.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso (percentuale espressa in volume sulla miscela di inerti) e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per almeno il 40% in volume sulla miscela totale degli aggregati, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 1. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f ₂
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 15	Fl ₁₅
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 15	Sl ₁₅
Resistenza alla levigabilità	UNI EN 1097-8	[-]	≥ 50	PSV ₅₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₄₂

Tabella 1. Caratteristiche dell'aggregato grosso non carbonatica per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Nel caso in cui, per la produzione del conglomerato sia necessario un ulteriore apporto di aggregato grosso, esso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 2. La designazione dell'aggregato grosso addizionale deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f ₂
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 25	F ₁₂₅
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 25	S ₁₂₅
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₄₂

Tabella 2. Caratteristiche dell'aggregato grosso addizionale (calcareo) per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 3. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE ₇₀
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 5	f ₅

Tabella 3. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 4. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	≥ 38	V _{38/45}
Passante al setaccio 0,063 mm	-	[%]	≥ 70	-
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 ÷ 25	Δ _{R&B} /25

Tabella 4. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

2.1.2 Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso, per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo deve essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (*Fourier Transform*



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm^{-1} , indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso.

2.1.3 Bitume

Il bitume deve appartenere alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego, specificata dalla Direzione Lavori in fase di progetto, è per la classe 50/70 per le stagioni più calde, mentre la classe 70/100 è raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 5.

Classe del bitume UNI EN 12591			50/70	70/100
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[$\times 0.1$ mm]	50 - 70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	46 - 54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ -8	≤ -10
Viscosità dinamica 160°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 - 200	50 - 200
Solubilità	UNI EN 12592	[%]	≥ 99	≥ 99
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	$\leq 0,5$	$\leq 0,8$
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 50	≥ 46
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 11	≤ 11

Tabella 5. Caratteristiche del bitume tradizionale

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

2.1.4 Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 6. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

Il fuso AC12 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 4 e 5 cm, mentre il fuso AC8 si riferisce a uno spessore dello strato di 3 cm.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Fuso granulometrico		
Classe di conglomerato bituminoso	AC12	AC8
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]	
20	100	-
12,5	90 - 100	100
8	72 - 84	90 - 100
6,3	-	75 - 88
4	44 - 55	53 - 66
2	26 - 36	30 - 43
0,5	14 - 20	17 - 25
0,25	10 - 15	11 - 17
0,063	6,0 - 10	6,0 - 10
Contenuto di bitume		
Contenuto di bitume riferito alla miscela [%]	4,7 - 5,8	4,9 - 6,0
Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%]	4,9 - 6,2	5,2 - 6,4

I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore:
 $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m^3 determinata secondo la UNI EN 1097-6.

Tabella 6. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 7), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N_3 . La densità di ogni provino compattato a N_3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato ρ_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico ρ_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato ρ_{bseal} a N_3 giri e densità geometrica del provino ρ_{bdim} a N_3 giri è usato come fattore correttivo ($f = \rho_{bseal} / \rho_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (*densità corretta = densità geometrica $\times f$*). La densità corretta e la densità massima teorica ρ_m (UNI EN 12697-5) sono usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N_1 (iniziale, post-stesa), N_2 (intermedio, post-rullatura), N_3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N_2 . La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 7. Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso deve essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Condizioni di compattazione			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione esterno	[°]	SHRP Designation M-002	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70 o 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-35	temperatura operativa ± 10
Proprietà volumetriche e meccaniche			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
V_m a 10 rotazioni (N_1)	[%]	UNI EN 12697-8	11 - 15
V_m a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	3 - 6
VMA a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	> 12
VFB a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	65 - 80
V_m a 180 rotazioni (N_3)	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS)	[N/mm ²]	UNI EN 12697-23	0,75 - 1,50
Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI)	[N/mm ²]	-	≥ 70
Sensibilità all'acqua (ITSR)	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80

¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo

Tabella 7. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

2.1.5 Produzione della miscela

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

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

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è 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 e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. 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 0,5% in peso.

2.1.6 Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Entrambe le lavorazioni sono dettagliate rispettivamente nei paragrafi 9.1 e 9.2.

2.1.7 Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale è preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

Tutti i giunti devono essere sigillati dopo la compattazione tramite percolazione di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura ed eventuale saturazione superficiale con sabbia o filler. La sigillatura con emulsione bituminosa dovrà essere eseguita anche sulle sponde della strisciata di margine laterale.

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

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di massimo 10 tonnellate, seguito da un eventuale rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate a discrezione della direzione lavori. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2.1.8 Controlli

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio su materiali costituenti, miscela, carote e superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 8 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Aggregato grosso	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Aggregato fine	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Filler	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Bitume	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche, additivi
Carote	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Spessore, contenuto di vuoti V _m
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Pendulum Test Value (PTV ≥ 55)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Macrotexture depth (MTD = 0,4 - 1,0)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Scostamento (Δ ≤ 5 mm)

Tabella 8. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N₃ giri per le verifiche volumetriche e tre provini a N₂ giri per la verifica dei valori ITS e CTI.

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche dello spessore e del contenuto di vuoti. La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata della densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori. Carote aggiuntive possono essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

La macrotestitura e la resistenza allo slittamento/derapaggio sulla superficie stradale devono essere verificate rispettivamente con la tecnica volumetrica ad impronta (UNI EN 13036-1) e il metodo del pendolo (UNI EN 13036-4) tra il trentesimo e il sessantesimo giorno dall'apertura al traffico.

Le eventuali irregolarità Δ superficiali devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, contenuto di vuoti e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.

I controlli sono effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

2.1.9 Penali

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5\%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3\%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5\%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5\%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto (es.: contenuto di bitume di progetto = 5%, intervallo di tolleranza 5,25-4,75%).

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale percentuale sarà del $(13 - 10) \cdot 3 = 9$ %. Se la differenza supererà il 25 % (in diminuzione), la direzione lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 4 cm, al di sotto 3 cm è richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato lo stesso conglomerato bituminoso che non può comunque essere di spessore inferiore a cm 3 (spessore minimo in funzione della dimensione massima). Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori PTV inferiori a 55 è applicata una detrazione dell'1% per ogni unità in meno. Valori PTV inferiori a 50 comportano in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

lavorazione per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori MTD inferiori a 0,40 o superiori a 1,00 è applicata una detrazione dell'1% per ogni 5 decimi di scostamento. Valori MTD inferiori a 0,25 o superiori a 1,15 comportano, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2.2 Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata con bitume a caldo in impianti di tipo fisso automatizzati. **È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero fino al 10% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688.** Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con aggregati calcarei è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata deve essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Tale materiale può essere previsto per interventi provvisori o su strade a basso volume di traffico caratterizzate da ridotte velocità di percorrenza e tracciato lineare e pianeggiante.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere. Una volta accettato il conglomerato bituminoso tipo binder tradizionale da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

2.2.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con aggregati calcarei e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D > 4$ mm; $d \geq 1$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 9. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f ₂
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 25	Fl ₂₅
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 25	Sl ₂₅
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₊₂

Tabella 9. Caratteristiche dell'aggregato grosso di origine calcarea per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

L'aggregato fine ($D \leq 4$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 10. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D =$



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

4 mm. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE ₇₀
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 5	f ₅

Tabella 10. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica e ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 11. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	38 ÷ 45	V _{38/45}
Passante al setaccio 0,063	-	[%]	≥ 70	-
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 ÷ 25	Δ _{R&B} 8/25

Tabella 11. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

2.2.2 Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo deve essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR*) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2.2.3 Bitume

Il bitume deve appartenere alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego, specificata dalla Direzione Lavori in fase di progetto, è per la classe 50/70 per le stagioni più calde, mentre la classe 70/100 è raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 12.

Classe del bitume UNI EN 12591			50/70	70/100
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[× 0.1 mm]	50 - 70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	46 - 54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ - 8	≤ -10
Viscosità dinamica 160°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 - 200	50 - 200
Solubilità	UNI EN 12592	[%]	≥ 99	≥ 99
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 50	≥ 46
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 11	≤ 11

Tabella 12. Caratteristiche del bitume tradizionale

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

2.2.4 Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottarsi per la produzione del conglomerato bituminoso deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 13. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC12 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 4 e 5 cm, il fuso AC8 si riferisce a uno spessore dello strato di 3 cm, infine per spessore dello strato compreso tra 5 e 8 cm si fa riferimento al fuso AC16.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Fuso granulometrico			
Classe di conglomerato bituminoso	AC16	AC12	AC8
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]		
20	100	100	-
16	90 - 100	-	-
12,5	-	90 - 100	100
10	73 ÷ 85	-	-
8	-	72 - 84	90 - 100
6,3	-	-	75 - 88
4	45 - 56	44 - 55	53 - 66
2	28 - 38	26 - 36	30 - 43
0,5	16 - 24	14 - 20	17 - 25
0,25	11 - 18	10 - 15	11 - 17
0,063	4,0 - 8,0	6,0 - 10	6,0 - 10
Contenuto di bitume			
Contenuto di bitume riferito alla miscela [%]	4,0 - 5,5	4,7 - 5,8	4,9 - 6,0
Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%]	4,2 - 5,8	4,9 - 6,2	5,2 - 6,4

I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica media degli aggregati, in Mg/m^3 determinata secondo la UNI EN 1097-6.

Tabella 13. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione ≤ 0.15 (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 14), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N_3 . La densità di ogni provino compattato a N_3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato ρ_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico ρ_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato ρ_{bseal} a N_3 giri e densità geometrica del provino ρ_{bdim} a N_3 giri è usato come fattore correttivo ($f = \rho_{bseal} / \rho_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (*densità corretta = densità geometrica $\times f$*). La densità corretta e la densità massima teorica ρ_m (UNI EN 12697-5) sono usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N_1 (iniziale, post-stesa), N_2 (intermedio, post-rullatura), N_3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N_2 .

La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 14.

Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso deve essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Condizioni di compattazione			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione esterno	[°]	SHRP Designation M-002	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100 (per AC16)
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	150 (per AC20)
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70 o 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-35	temperatura operativa ± 10
Proprietà volumetriche e meccaniche			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
V_m a 10 rotazioni (N_1)	[%]	UNI EN 12697-8	11 - 15
V_m a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	3 - 6
VMA a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	> 12
VFB a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	65 ÷ 80
V_m a 180 rotazioni (N_3)	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS)	[N/mm ²]	UNI EN 12697-23	0,75 - 1,50
Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI)	[N/mm ²]	-	≥ 70
Sensibilità all'acqua (ITSR)	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80

¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo

Tabella 14. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

2.2.5 Produzione della miscela

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

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

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è 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 e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. 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 0,5% in peso.

2.2.6 Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Entrambe le lavorazioni sono dettagliate rispettivamente nei paragrafi 9.1 e 9.2.

2.2.7 Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale è preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

Tutti i giunti devono essere sigillati dopo la compattazione tramite percolazione di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura ed eventuale saturazione superficiale con sabbia o filler. La sigillatura con emulsione bituminosa deve essere eseguita anche sulle sponde della strisciata di margine laterale.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem di massimo 10 tonnellate, seguito da un eventuale rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate a discrezione della direzione lavori. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non dovranno mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

2.2.8 Controlli

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 15 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del prelievo	Frequenza di prove	Requisiti
Aggregato grosso	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Aggregato fine	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Filler	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Bitume	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche, additivi
Carote	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Spessore, contenuto di vuoti ($V_m = 2 - 8 \%$)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Scostamento ($\Delta \leq 5 \text{ mm}$)

Tabella 15: Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso tipo usura con aggregati calcarei

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso a caldo deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N₃ giri per le verifiche volumetriche e tre provini a N₂ giri per la verifica dei valori ITS e CTI.

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche dello spessore e del contenuto di vuoti. La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata della densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.

Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

Le eventuali irregolarità Δ superficiali dovranno essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UNI EN 13036-7).

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2.2.9 Penali

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5\%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3\%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5\%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5\%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto (es. contenuto di bitume di progetto = 5%, intervallo di tolleranza 5,25-4,75%).

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del $(13 - 10) \cdot 3 = 9\%$. Se la differenza supererà il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 4 cm, al di sotto 3 cm sarà richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o usura che non può comunque essere di spessore inferiore a cm 3 (spessore minimo in funzione della dimensione massima). Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % è applicata una detrazione percentuale pari a:
Detrazione percentuale per vuoti eccessivi = $2 \cdot s + s^2$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2.3 Conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (percentuale espressa in volume sulla miscela di inerti) e bitume modificato (modifica di tipo hard con polimeri elastomerici SBS, contenuto di polimero $\geq 5\%$) è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata a caldo con bitume modificato in impianti di tipo fisso automatizzati. La modifica del bitume mediante l'introduzione di polimeri permette vantaggi significativi sia dal punto di vista della resistenza meccanica che delle caratteristiche funzionali. In generale, i miglioramenti ottenuti tramite la modifica del bitume con polimeri riguardano la resistenza alle deformazioni permanenti, resistenza a rottura, proprietà elastiche, suscettibilità termica, flessibilità alle basse temperature, coesione alle alte temperature e resistenza all'acqua e allo spogliamento.

Il conglomerato bituminoso è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata deve essere qualificata in conformità al regolamento Ue 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla etichetta CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

2.3.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso a caldo di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (percentuale espressa in volume sulla miscela di inerti) e bitume modificato e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per almeno il 40% in volume sulla miscela totale degli aggregati, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 16. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 20	LA ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f ₂
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 15	Fl ₁₅
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 15	Sl ₁₅
Resistenza alla levigabilità	UNI EN 1097-8	[-]	≥ 50	PSV ₅₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₄₂

Tabella 16. Caratteristiche dell'aggregato grosso non carbonatica per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Nel caso in cui, per la produzione del conglomerato sia necessario un ulteriore apporto di aggregato grosso, esso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 17. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f ₂
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 25	Fl ₂₅
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 25	Sl ₂₅
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₄₂

Tabella 17. Caratteristiche dell'aggregato grosso addizionale (origine calcarea) per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 18. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE ₇₀
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 5	f ₅

Tabella 18. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 19. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	≥ 38	V _{38/45}
Passante al setaccio 0,063	-	[%]	≥ 70	-
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 ÷ 25	Δ _{R&B8/25}

Tabella 19. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

2.3.2 Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo deve essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR*) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm^{-1} , indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso.

2.3.3 Bitume modificato

Il legante deve essere costituito da bitume modificato con polimeri elastomerici SBS che ne modificano la struttura fisica e le caratteristiche chimiche e meccaniche. Le proprietà del bitume modificato ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 20.

Classe del bitume modificato UNI EN 14023			PmB 45/80-70	
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[$\times 0.1 \text{ mm}$]	45 ÷ 80	4
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	$\leq - 12$	6
Viscosità dinamica 180°C	UNI EN 13302	[$\text{mPa} \cdot \text{s}$]	50 ÷ 200	-
Ritorno elastico a 25° C	UNI EN 13398	[%]	≥ 80	2
Coesione (Force Ductility Test at 10°C)	EN 13589 EN 13703	[J/cm^2]	≥ 2	6
Stabilità allo stoccaggio ($\Delta \text{ pen}$)	UNI EN 133399	[$\times 0.1 \text{ mm}$]	≤ 9	2
Stabilità allo stoccaggio ($\Delta \text{ R\&B}$)	UNI EN 133399	[°C]	≤ 5	2
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	$\leq 0,5$	3
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 60	7
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 8	2

Tabella 20. Caratteristiche del bitume modificato per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.

2.3.4 Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 21. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC12 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 4 e 5 cm mentre il fuso AC8 si riferisce a uno spessore dello strato di 3 cm.

Fuso granulometrico		
Classe di conglomerato bituminoso	AC12	AC8
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]	
20	100	-
12,5	90 - 100	100
8	72 - 84	90 - 100
6,3	-	75 - 88
4	44 - 55	53 - 66
2	26 - 36	30 - 43
0,5	14 - 20	17 - 25
0,25	10 - 15	11 - 17
0,063	6,0 - 10	6,0 - 10
Contenuto di bitume		
Contenuto di bitume riferito alla miscela [%]	4,7 - 5,8	4,9 - 6,0
Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%]	4,9 - 6,2	5,2 - 6,4

I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore:
 $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica media degli aggregati, in Mg/m³ determinata secondo la UNI EN 1097-6.

Tabella 21. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 22), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N_3 . La densità di ogni provino compattato a N_3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato ρ_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico ρ_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato ρ_{bseal} a N_3 giri e densità geometrica del provino ρ_{bdim} a N_3 giri è usato come fattore correttivo ($f = \rho_{bseal} / \rho_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (*densità corretta = densità geometrica $\times f$*). La densità corretta e la densità massima teorica ρ_m (UNI EN 12697-5) sono usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N_1 (iniziale, post-stesa), N_2 (intermedio, post-rullatura), N_3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N_2 .

La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 22.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso deve essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.

Condizioni di compattazione			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione esterno	[°]	SHRP Designation M-002	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume modificato)	[°C]	UNI EN 12697-35	temperatura operativa ± 10
Proprietà volumetriche e meccaniche			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
V_m a 10 rotazioni (N_1)	[%]	UNI EN 12697-8	11 - 15
V_m a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	3 - 6
VMA a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	> 12
VFB a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	65 - 80
V_m a 180 rotazioni (N_3)	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS)	[N/mm ²]	UNI EN 12697-23	0,95 - 1,80
Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI)	[N/mm ²]	-	≥ 100
Sensibilità all'acqua ($ITSR$)	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 90

¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo

Tabella 22. Caratteristiche della miscela di progetto per conglomerato bituminoso a caldo tipo usura

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

2.3.5 Produzione della miscela

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

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

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è 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 e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. 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 0,5% in peso.

2.3.6 Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Entrambe le lavorazioni sono dettagliate rispettivamente nei paragrafi 9.1 e 9.2.

2.3.7 Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

Tutti i giunti devono essere sigillati dopo la compattazione tramite percolazione di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura ed eventuale saturazione superficiale con sabbia o filler. La sigillatura con emulsione bituminosa deve essere eseguita anche sulle sponde della strisciata di margine laterale.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di massimo 10 tonnellate, seguito da un eventuale rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate a discrezione della Direzione Lavori. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

2.3.8 Controlli

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio su materiali costituenti, miscela, carote e superficie dello strato per verificare le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 23 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Aggregato grosso	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Aggregato fine	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Filler	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Bitume	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche, additivi
Carote	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Spessore, contenuto di vuoti ($V_m = 2 - 8\%$)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Pendulum Test Value (PTV ≥ 55)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Macrotexture depth (MTD = 0,4 – 1,0)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Scostamento ($\Delta \leq 5$ mm)

Tabella 23. Controlli per il conglomerato bituminoso di tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici e bitume modificato deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N₃ giri per le verifiche volumetriche e tre provini a N₂ giri per la verifica dei valori ITS e CTI.

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche dello spessore e del contenuto di vuoti. La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata della densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Carote aggiuntive possono essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (ITS e CTI).

La macrotestitura e la resistenza allo slittamento/derapaggio sulla superficie stradale devono essere verificate rispettivamente con la tecnica volumetrica ad impronta (UNI EN 13036-1) e il metodo del pendolo (UNI EN 13036-4) tra il trentesimo e il sessantesimo giorno dall'apertura al traffico.

Le eventuali irregolarità Δ superficiali devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UNI EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

I controlli saranno effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

2.3.9 Penali

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso a caldo tipo usura con 40% di aggregati non carbonatici (preparazione, materiale e stesa) e bitume modificato.

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5\%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3\%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5\%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5\%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto (es.: contenuto di bitume di progetto = 5%, intervallo di tolleranza 5,25-4,75%).

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione lavori della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se la differenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del $(13 - 10) \cdot 3 = 9$ %. Se la differenza supererà il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto (per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 4 cm, al di sotto 3 cm sarà richiesto il rifacimento). In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato lo stesso conglomerato bituminoso che non può comunque essere di spessore inferiore a cm 3 (spessore minimo in funzione della dimensione massima). Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori PTV inferiori a 55 è applicata una detrazione dell'1% per ogni unità in meno. Valori PTV inferiori a 50 comportano in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori MTD inferiori a 0,40 o superiori a 1,00 è applicata una detrazione dell'1% per ogni 5 decimi di scostamento. Valori MTD inferiori a 0,25 o superiori a 1,15 comportano, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

3 Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

3.1 Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata con bitume a caldo in impianti di tipo fisso automatizzati. **È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero fino al 20% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688.** Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder tradizionale è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata deve essere qualificata in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

3.1.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 24. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Percentuale di particelle frantumate*	UNI EN 933-5	[%]	-	C _{90/3}
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f ₂
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 25	Fl ₂₅
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 25	Sl ₂₅
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₄₂

*in misura inferiore al 20% in volume sul materiale granulare

Tabella 24. Caratteristiche dell'aggregato grosso

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 25. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D = 4$ mm. La designazione dell'aggregato fine deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE ₇₀
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 5	f ₅

Tabella 25. Caratteristiche dell'aggregato fine

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica e ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 26. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	≥ 38	V _{38/45}
Passante al setaccio 0,063 mm	-	[%]	≥ 70	-
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 - 25	Δ _{R&B8/25}

Tabella 26. Caratteristiche del filler

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di prequalifica.

3.1.2 Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo deve essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR*) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

3.1.3 Bitume

Il bitume deve appartenere alle classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego, specificata dalla Direzione Lavori in fase di progetto, è per la classe 50/70 per le stagioni più calde, mentre la classe 70/100 è raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 27.

Classe del bitume UNI EN 12591			50/70	70/100
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[× 0.1 mm]	50 - 70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	46 - 54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ - 8	≤ -10
Viscosità dinamica 160°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 - 200	50 - 200
Solubilità	UNI EN 12592	[%]	≥ 99	≥ 99
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 50	≥ 46
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 11	≤ 11

Tabella 27. Caratteristiche del bitume tradizionale

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di prequalifica.

3.1.4 Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder tradizionale deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 28. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC20 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 7 e 12 cm, mentre il fuso AC16 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 5 e 7 cm.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Fuso granulometrico		
Classe di conglomerato bituminoso	AC20	AC16
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]	
31,5	100	-
20	90 - 100	100
16	-	90 - 100
10	56 - 68	73 - 85
4	37 - 48	45 - 56
2	23 - 33	28 - 38
0,5	11 - 17	16 - 24
0,25	6 - 12	11 - 18
0,063	4,0 - 7,0	4,0 - 8,0
Contenuto di bitume		
Contenuto di bitume riferito alla miscela [%]	4,0 - 5,5	4,0 - 5,5
Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%]	4,2 - 5,8	4,2 - 5,8

I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore:
 $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m³ determinata secondo la UNI EN 1097-6.

Tabella 28. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 29), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N_3 . La densità di ogni provino compattato a N_3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato ρ_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico ρ_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato ρ_{bseal} a N_3 giri e densità geometrica del provino ρ_{bdim} a N_3 giri deve essere usato come fattore correttivo ($f = \rho_{bseal} / \rho_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione ($densità\ corretta = densità\ geometrica \times f$). La densità corretta e la densità massima teorica ρ_m (UNI EN 12697-5) devono essere usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N_1 (iniziale, post-stesa), N_2 (intermedio, post-rullatura), N_3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N_2 .

La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 29.

Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso deve essere confezionato in accordo alla UNI EN 12697-35.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Condizioni di compattazione			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione esterno	[°]	SHRP Designation M-002	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100 (per AC16)
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	150 (per AC20)
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70 o 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-35	temperatura operativa ± 10
Proprietà volumetriche e meccaniche			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
V_m a 10 rotazioni (N_1)	[%]	UNI EN 12697-8	11 - 15
V_m a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	3 - 6
VMA a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	> 12
VFB a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	65 - 80
V_m a 180 rotazioni (N_3)	[%]	UNI EN 12697-8	≥ 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS)	[N/mm ²]	UNI EN 12697-23	0,75 - 1,50
Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI)	[N/mm ²]	-	≥ 70
Sensibilità all'acqua (ITSR)	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80

¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo

Tabella 29. Caratteristiche della miscela di progetto

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di prequalifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

3.1.5 Produzione della miscela

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

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

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è 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 e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. 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 0,5% in peso.

3.1.6 Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Entrambe le lavorazioni sono dettagliate rispettivamente nei paragrafi 9.1 e 9.2.

3.1.7 Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, se la sovrapposizione non avviene nell'arco delle 24 ore, è necessario applicare una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,30 kg/m² di bitume residuo.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

3.1.8 Controlli

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

La Tabella 30 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Aggregato grosso	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Aggregato fine	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Filler	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Bitume	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche, additivi
Carote	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Spessore, contenuto di vuoti ($V_m = 2 - 8\%$)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Scostamento ($\Delta \leq 5$ mm)

Tabella 30. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo binder tradizionale

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N₃ giri per le verifiche volumetriche e tre provini a N₂ giri per la verifica dei valori *ITS* e *CTI*.

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche dello spessore e del contenuto di vuoti. La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata della densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori. Carote aggiuntive possono essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (*ITS* e *CTI*).

Le eventuali irregolarità superficiali Δ devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che potranno essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, contenuto di vuoti e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.

I controlli sono effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

3.1.9 Penali

Le detrazioni di seguito descritte sono applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), devono rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5\%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3\%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5\%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5\%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto (es.: contenuto di bitume di progetto = 5%, intervallo di tolleranza 5,25-4,75%).

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso 6,10 cm anziché 7,00 cm e quindi la carenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale in percentuale è del $(13 - 10) \times 3 = 9\%$. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 7,00 cm, al di sotto di 5,25 cm può essere richiesto il rifacimento. In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento dello spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o usura che non può comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore a 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

3.2 Conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato (modifica di tipo hard con polimeri elastomerici SBS, contenuto di polimero $\geq 5\%$) è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi, impastata a caldo con bitume modificato in impianti di tipo fisso automatizzati. **È ammesso l'uso di conglomerato bituminoso di recupero solo se proveniente dalla demolizione di strati in conglomerato bituminoso con bitume modificato SBS e fino al 20% in peso sulla miscela totale nel rispetto della norma UNI EN 13108-8 e UNI/TS 11688.**

Il conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli. La miscela impiegata deve essere qualificata in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare alla Direzione Lavori i dosaggi di tutti i componenti usati per il conglomerato bituminoso.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dal documento di trasporto e dalla marcatura CE, attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1, da consegnare al momento della consegna in cantiere.

Una volta accettato il conglomerato bituminoso da parte della Direzione Lavori, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto, è vincolata al rigoroso utilizzo di tutte le sue componenti nel rispetto delle tolleranze riportate nel paragrafo Penali.

3.2.1 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la matrice litica del conglomerato bituminoso e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina (filler di recupero) o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). L'aggregato grosso ($D \leq 45$ mm; $d \geq 2$ mm) può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 31. La designazione dell'aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	≤ 25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	100	C _{100/0}
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 2	f ₂
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	≤ 1	F ₁
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	≤ 25	Fl ₂₅
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	[%]	≤ 25	Sl ₂₅
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	≤ 2	WA ₂₄₂

Tabella 31. Caratteristiche dell'aggregato grosso per bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato

L'aggregato fine ($D \leq 2$ mm; $d = 0$ mm) deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 32. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima $D =$



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

4 mm. La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base, più gruppo 2 della UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	≥ 70	SE ₇₀
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	≤ 5	f ₅

Tabella 32. Caratteristiche dell'aggregato fine per conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, può essere costituito da polvere di roccia preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica e ceneri volanti. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella 33. La granulometria del filler deve essere conforme a quella prevista della norma UNI EN 13043.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	≥ 38	V _{38/45}
Passante al setaccio 0,063 mm	-	[%]	≥ 70	-
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 ÷ 25	Δ _{R&B} /25

Tabella 33. Caratteristiche del filler per conglomerato bituminoso a caldo tipo binder con bitume modificato

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

3.2.2 Additivi

Gli additivi come attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive o calce che favoriscono l'adesione bitume-aggregato possono essere impiegati nel conglomerato bituminoso per migliorare la durabilità all'acqua.

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 richieste per la miscela.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego. Inoltre, si deve riportare, in apposito certificato rilasciato da un laboratorio conto terzi o dal produttore, lo spettro infrarosso dell'additivo, acquisito in trasmissione tramite Spettrometro Infrarosso (Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FT-IR) nell'intervallo delle frequenze tra 4000 e 400 cm⁻¹, indicando le bande caratteristiche del prodotto e quelle individuabili nella miscela bitume-additivo. L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

Nel caso dell'utilizzo di calce, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la marcatura CE della calce secondo la UNI EN 459-1.

Il dosaggio dell'additivo deve essere specificato obbligatoriamente tra le caratteristiche del conglomerato bituminoso.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

3.2.3 Bitume modificato

Il legante deve essere costituito da bitume modificato con polimeri elastomerici SBS che ne modificano la struttura fisica e le caratteristiche chimiche e meccaniche. Le proprietà del bitume modificato ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella 34.

Classe del bitume modificato UNI EN 14023			PmB 45/80-70	
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[× 0.1 mm]	45 - 80	4
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ - 12	6
Viscosità dinamica 180°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 - 200	-
Coesione (Force Ductility Test at 10°C)	EN 13589 EN 13703	[J/cm ²]	≥ 2	6
Ritorno elastico a 25° C	UNI EN 13398	[%]	≥ 80	2
Stabilità allo stoccaggio (Δ pen)	UNI EN 13399	[× 0.1 mm]	≤ 9	2
Stabilità allo stoccaggio (Δ R&B)	UNI EN 13399	[°C]	≤ 5	2
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5	3
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 60	7
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 8	2

Tabella 34. Caratteristiche del bitume modificato

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

3.2.4 Miscela di progetto

La miscela degli aggregati da adottare per la produzione del conglomerato bituminoso deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 35. La percentuale di bitume deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Il fuso AC20 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 7 e 12 cm, mentre il fuso AC16 si riferisce a uno spessore dello strato compreso tra 5 e 7 cm.

Fuso granulometrico		
Classe di conglomerato bituminoso riciclato a caldo	AC20	AC16
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]	
31,5	100	-
20	90 - 100	100
16	-	90 - 100
10	56 - 68	73 - 85
4	37 - 48	45 - 56
2	23 - 33	28 - 38
0,5	11 - 17	16 - 24
0,25	6 - 12	11 - 18
0,063	4,0 - 7,0	4,0 - 8,0
Contenuto di bitume		
Contenuto di bitume riferito alla miscela [%]	4,0 - 5,5	4,0 - 5,5
Contenuto di bitume riferito agli aggregati [%]	4,2 - 5,8	4,2 - 5,8

I valori del contenuto di bitume devono essere adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore:
 $a = 2,650/\rho_a$, dove ρ_a è la massa volumica apparente degli aggregati, in Mg/m³ determinata secondo la UNI EN 1097-6.

Tabella 35. Fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume modificato

Le caratteristiche del conglomerato bituminoso devono essere determinate tramite il metodo volumetrico (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23) e ricavate dalla media di almeno tre campioni considerando un coefficiente di variazione $\leq 0,15$ (deviazione standard/media).

Secondo il metodo volumetrico (Tabella 36), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N_3 . La densità di ogni provino compattato a N_3 giri deve essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato ρ_{bseal}) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico ρ_{bdim}). Il rapporto tra densità del provino sigillato ρ_{bseal} a N_3 giri e densità geometrica del provino ρ_{bdim} a N_3 giri deve essere usato come fattore correttivo ($f = \rho_{bseal} / \rho_{bdim}$) di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione ($densità\ corretta = densità\ geometrica \times f$). La densità corretta e la densità massima teorica ρ_m (UNI EN 12697-5) devono essere usate per il calcolo dei vuoti V_m del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti V_m calcolati secondo la UNI EN 12697-8 deve essere eseguita a tre livelli di compattazione: N_1 (iniziale, post-stesa), N_2 (intermedio, post-rullatura), N_3 (finale, previsionale post-traffico).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB devono essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N_2 .

La miscela di progetto deve verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella 36.

Quando prodotto in laboratorio, il conglomerato bituminoso deve essere confezionato e compattato nel rispetto delle reali temperature operative e in accordo alla UNI EN 12697-35.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Condizioni di compattazione			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione esterno	[°]	SHRP Designation M-002	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100 (per AC16)
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	150 (per AC20)
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume modificato)	[°C]	-	temperatura operativa ± 10
Proprietà volumetriche e meccaniche			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
V_m a 10 rotazioni (N_1)	[%]	UNI EN 12697-8	11 - 15
V_m a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	3 - 6
VMA a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	> 12
VFB a 100 rotazioni (N_2)	[%]	UNI EN 12697-8	65 - 80
V_m a 180 rotazioni (N_3)	[%]	UNI EN 12697-8	≥ 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C a N_2 (ITS)	[N/mm ²]	UNI EN 12697-23	0,95 - 1,80
Coef. di trazione indiretta ¹ a 25°C a N_2 (CTI)	[N/mm ²]	-	≥ 100
Sensibilità all'acqua (ITSR)	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 90

¹ $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d}$ dove D è il diametro del provino e d_v è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo

Tabella 36. Caratteristiche della miscela di progetto

Il paragrafo 1.2 (Certificati di prequalifica e relative penali) specifica le modalità di presentazione e accettazione della documentazione di qualifica.

L'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve dichiarare l'intervallo di temperatura di stesa del prodotto affinché siano garantite le prestazioni richieste. Il produttore deve inoltre dichiarare la ricetta del conglomerato bituminoso, il dosaggio e il tipo di additivo eventualmente impiegato.

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

3.2.5 Produzione della miscela

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

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

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare una miscela rispondente alle caratteristiche dichiarate di progetto. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura opportuna a mantenere una viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

degli aggregati. Inoltre, i cumuli delle diverse classi dovranno essere separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si deve far uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di miscelazione è 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 e del bitume all'atto della miscelazione deve garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste della miscela a seguito della stesa. 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 0,5% in peso.

3.2.6 Preparazione della superficie di stesa

La stesa del conglomerato bituminoso avviene solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Il piano di posa deve risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

Prima della realizzazione dello strato in conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche (UNI EN 13808, UNI/TR 11362).

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare, misto cementato oppure un conglomerato bituminoso (nuovo, fresato o usurato), la lavorazione corrispondente prende il nome rispettivamente di impregnazione (mano di ancoraggio) e mano d'attacco.

Entrambe le lavorazioni sono dettagliate rispettivamente nei paragrafi 9.1 e 9.2.

3.2.7 Posa in opera della miscela

La posa in opera del conglomerato bituminoso è effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici non devono mai operare a velocità di stesa superiori a 5 m/min e devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali e trasversali.

Nel caso di costruzione di due strisciate adiacenti, il giunto longitudinale sarà preferibilmente ottenuto mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente o con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non sia possibile, se il bordo risulta danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura delle due strisciate. Nel caso in cui il nuovo strato sia in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si deve provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e alla spruzzatura con emulsione bituminosa cationica a rapida rottura per assicurare la saldatura della nuova striscia all'esistente.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Il giunto trasversale, di inizio o fine produzione giornaliera o inizio o fine sezione, deve essere realizzato tramite taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa cationica a rapida rottura.

La sovrapposizione dei giunti tra i vari strati sovrapposti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessate dalla traccia dei veicoli.

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci, sempre dotati di telone di copertura per evitare un eccessivo raffreddamento del prodotto e la formazione di croste.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

La stesa del conglomerato bituminoso deve avvenire in maniera continua e senza interruzioni fino a completo esaurimento del materiale trasportato, evitando problemi causati dal possibile raffreddamento superficiale del materiale. La stesa del conglomerato bituminoso deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento deve essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate seguito da un rullo gommato con almeno cinque ruote e peso di almeno 12 tonnellate. Il rullo gommato deve operare in un intervallo di temperatura tale da non ormaiare lo strato e, allo stesso tempo, evitare che il conglomerato si attacchi allo pneumatico.

A chiudere la fase di compattazione, il rullo tandem provvede all'eventuale finitura in modalità statica. I rulli in fase di compattazione non devono mai procedere con velocità superiori a 5 km/h.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata a ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

Nel caso di doppi strati, se la sovrapposizione non avviene nell'arco delle 24 ore, è necessario applicare una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,30 kg/m² di bitume residuo.

Eventuali principi di sgranature o aree con affioramento superficiale di aggregati grossi indice di segregazione della miscela, specialmente nei pressi delle zone di partenza o fermata della vibrofinitrice o attigue a pozzetti o aree soggette a lavorazioni a mano, devono essere rese saldamente coese con sigillatura, anche manuale, con emulsione bituminosa e filler o sabbia.

3.2.8 Controlli

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso è effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. La Tabella 37 mostra il tipo di campione, l'ubicazione e la frequenza del controllo e i requisiti da rispettare durante tutto il processo di costruzione.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

Controllo dei materiali e verifiche prestazionali			
Tipo di campione	Ubicazione del controllo	Frequenza del controllo	Requisiti
Aggregato grosso	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Aggregato fine	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Filler	Impianto	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Bitume	Cisterna	Inizio cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Caratteristiche
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera o ogni 5000 m ² di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Temperatura di stesa, contenuto di bitume, granulometria, caratteristiche volumetriche e meccaniche, additivi
Carote	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa o a discrezione della Direzione Lavori	Spessore, contenuto di vuoti ($V_m = 2 - 8\%$)
Superficie della pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa cantiere o a discrezione della Direzione Lavori	Scostamento ($\Delta \leq 5$ mm)

Tabella 37. Controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso di tipo binder con bitume modificato

La temperatura di stesa del conglomerato bituminoso deve essere controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice all'atto della stesa e deve rispettare l'intervallo di temperatura dichiarato per lo specifico prodotto.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi selezionato dalla Direzione Lavori;
- uno a disposizione dell'impresa aggiudicataria dell'appalto.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1), la granulometria degli aggregati estratti (UNI EN 12697-2) e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale devono essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N₃ giri per le verifiche volumetriche e tre provini a N₂ giri per la verifica dei valori *ITS* e *CTI*.

Le carote estratte dalla pavimentazione permettono le verifiche dello spessore e del contenuto di vuoti. La percentuale di vuoti è determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso. In mancanza di valori misurati o calcolati può essere usata della densità massima teorica dichiarata. Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte. È raccomandato eseguire il primo carotaggio il giorno seguente l'inizio dei lavori. Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (*ITS* e *CTI*).

Le eventuali irregolarità superficiali Δ devono essere misurate in direzione longitudinale e trasversale tramite un regolo di 3 m (UN EN 13036-7).

Per progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, l'Impresa aggiudicataria dell'appalto deve consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori i rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione che possono essere rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore.

I controlli riferiti alla pavimentazione (spessore, contenuto di vuoti e regolarità) non sono effettuati nel caso in cui il conglomerato bituminoso sia impiegato per la risagomatura della pavimentazione stradale esistente.



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

I controlli sono effettuati per produzioni giornaliere superiori a 30 tonnellate.

3.2.9 Penali

Le detrazioni di seguito descritte saranno applicate in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori del conglomerato bituminoso (preparazione, materiale e stesa).

Il non rispetto dell'intervallo di temperatura di stesa dichiarato per lo specifico prodotto comporta il rifiuto del materiale.

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Il non rispetto del tipo e del dosaggio di additivo, la Direzione Lavori si riserva di stabilire l'accettabilità del conglomerato e le eventuali penali da applicare.

Nell'ambito di progetti con produzione superiore a 4.000 tonnellate, la non consegna settimanale da parte dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto dei rapporti di prova di granulometria e contenuto di bitume eseguiti ogni 1.000 tonnellate di produzione, rilasciati da un laboratorio conto terzi o dal fornitore, comporta il rifiuto del materiale.

La curva granulometrica e il contenuto di bitume riscontrati dopo l'estrazione del conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla ricetta (prodotto accettato dalla Direzione Lavori), deve rispettare le seguenti tolleranze:

- granulometria: per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del $\pm 5\%$;
- granulometria: per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 3\%$;
- granulometria: al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del $\pm 1,5\%$;
- contenuto di bitume: si applica una tolleranza del $\pm 5\%$ rispetto al valore dichiarato per la miscela di progetto (es.: contenuto di bitume di progetto = 5%, intervallo di tolleranza 5,25-4,75%).

Nel caso di non conformità la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per lo spessore dello strato, determinato da misurazioni sulle carote estratte dalla pavimentazione è tollerata una carenza massima del 10 % rispetto allo spessore di progetto. Per carenze superiori al 10 %, è applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per carenza di spessore} = 3 \times (c - 10)$$

dove c rappresenta la carenza di spessore rispetto al valore di progetto espressa in percentuale. Per esempio, se lo strato è spesso 6,10 cm anziché 7,00 cm e quindi la carenza è del 13 % rispetto al valore di progetto, la penale in percentuale è del $(13 - 10) \times 3 = 9\%$. Se la differenza supera il 25 % (in diminuzione), la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. Per esempio, se lo spessore di progetto è pari a 7,00 cm, al di sotto di 5,25 cm può essere richiesto il rifacimento. In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori può autorizzare la stesa di uno strato di



Capitolato Speciale d'Appalto per la Manutenzione
Straordinaria di Pavimentazioni Stradali

Azienda Autonoma di Stato per i Lavori Pubblici
Via 28 Luglio, 50 – 47893 Borgo Maggiore (RSM)
Tel.: 0549 88 31 11 – Fax: 0549 88 36 00
e-mail: segreteria@aasp.sm
Cod. Op. Econ. SM 02461

conguaglio (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento dello spessore totale atteso. Per la ricarica può essere impiegato conglomerato bituminoso di tipo binder o usura che non può comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Nel rispetto delle quote finali di progetto, la Direzione Lavori valuta la possibilità di una fresatura parziale per aver modo di stendere lo strato di conguaglio nel rispetto del suo spessore minimo. Quando possibile, il conguaglio può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo (mai superiore a 6 cm). La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale pari a:

$$\text{Detrazione percentuale per vuoti eccessivi} = 2 \cdot s + s^2$$

dove s è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio, se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare è pari a $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$ ossia del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori può richiedere il rifacimento dello strato a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto. La superficie a cui applicare la detrazione è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento. Nel caso in cui siano presenti pendenze longitudinali superiori al 8 %, il valore limite della percentuale di vuoti per l'applicazione delle detrazioni è il 10 % mentre per la rimozione il 15 %.

La superficie dello strato deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. È tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori può richiedere, in funzione del contesto, il rifacimento dello strato, opere di ripristino a spese dell'Impresa aggiudicataria dell'appalto o l'applicazione di una detrazione del 10% sul prezzo di aggiudicazione della lavorazione per lo strato interessato. La superficie di riferimento è calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla misurazione precedente e la metà della distanza dalla misurazione successiva (oppure considerando la lunghezza del tronco omogeneo) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili.