

OPERE INFRASTRUTTURALI AREA EX-ALFA ROMEO N8 - VIABILITA' LOTTO A3

RHO - ARESE, MILANO

PROGETTO ESECUTIVO

Committente

Particom Uno S.p.a.

Via Amilcare Ponchielli 7 - 20129 Milano (MI)

J+S SpA

via dei Mestieri 13 - 20863 Concorezzo (MB) Italia
tel. 039 6886381 info@jplus.it www.jplus.it



Progettista

Ing. Matteo Stella

documento
firmato digitalmente

Quadro Revisioni

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
00	21.10.2024	EMISSIONE	EE	MB	MS

Codifica elaborato

Anno	Commessa	Fase progetto	Progetto	Attività	Disciplina	Categoria	Progressivo	Revisione
22	158	PE	N08	GEN	0	CP	003	00

Titolo elaborato

A - DOCUMENTAZIONE GENERALE
A02 - CAPITOLATI DI APPALTO
Capitolato Speciale d'Appalto
Parte seconda - Opere stradali

Commessa

22-158

Scala

-

Data

21.10.2024

**OPERE INFRASTRUTTURALI AREA EX-ALFA ROMEO
N8 – VIABILITÀ LOTTO A3
RHO - ARESE (MI)**

**PROGETTO ESECUTIVO
(ARTICOLO 22 SEZIONE III, ALLEGATO I.7. DLGS 36/2023)**

PARTICOM UNO SPA-VIA AMILCARE PONCHIELLI 7, 20129 MILANO (MI)

CAPITOLATO D'APPALTO – PARTE SECONDA – OPERE STRADALI

21/10/2024

EE – MB – MS

22-158

J+S S.p.A.

Via dei Mestieri 13 – Concorezzo (MB) 20863 – Italy

Pec: segreteria@pec.jpius.it

P.IVA & C.F. 02280620960

+39 039 6886381 – info@jpius.it – jpius.it



SOMMARIO

1. SPECIFICHE TECNICHE OPERE STRADALI	8
1.1. DEMOLIZIONI	8
1.1.1. DEMOLIZIONE CONTROLLATA DI STRATI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO MEDIANTE FRESATURA CON IDONEE ATTREZZATURE.....	8
1.1.2. DISFACIMENTO DI SOVRASTRUTTURA STRADALE	8
1.1.3. DEMOLIZIONE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO MEDIANTE FRESATURA CON IDONEE ATTREZZATURE	9
1.1.4. SCARIFICA DI MARCIAPIEDI ESISTENTI PAVIMENTATI IN ASFALTO COLATO O CONGLOMERATO BITUMINOSO IN GENERE	9
1.1.5. TAGLIO DELLE PAVIMENTAZIONI	9
1.1.6. RIMOZIONE CORDONATURE.....	9
1.1.7. RIMOZIONE ARCHETTI, DISSUASORI IN GENERE E TRANSENNE	10
1.2. INERTI PER COSTRUZIONI STRADALI.....	10
1.2.1. SABBIE.....	10
1.2.2. CIOTTOLAME, GHIAIE E GHIAIETTI E GHIAINI	10
1.2.3. PIETRISCHI, PIETRISCHIETTI E GRANIGLIE	10
1.3. OPERE DI DEFINIZIONE DELLO SPAZIO STRADALE	11
1.3.1.1. Posa in opera degli scivoli prefabbricati.....	11
1.3.2. MODALITÀ DI POSA DELLE CORDONATURE	11
1.3.3. ACCESSI (PASSI) CARRAI CON RAMPE E RISVOLTE (CFR. ILLUSTRAZIONI)	11
1.3.4. CORDONATURE IN CALCESTRUZZO VIBROCOMPRESSO	14
1.3.5. ARCHETTI, DISSUASORI IN GENERE E TRANSENNE.....	14
1.4. DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE	15
1.4.1. GENERALITÀ.....	15
1.4.2. SISTEMI DI RACCOLTA PUNTUALI.....	15
1.4.3. SISTEMI DI RACCOLTA LINEARI	16
1.4.4. DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE IN CORRISPONDENZA DELLE PISTE CICLABILI	17
1.4.5. TUBI IN P.V.C. RIGIDO.....	19
1.4.6. TUBAZIONI IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ (PEAD)	19
1.4.7. TUBAZIONI ED ALTRI PRODOTTI IN GRES CERAMICO.....	20
1.4.8. POZZETTI IN ELEMENTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	21
1.5. CHIUSINI, GRIGLIE E ALTRI DISPOSITIVI DI CORONAMENTO IN GHISA.....	21
1.6. MARCIAPIEDI E PERCORSI PEDONALI IN GENERE.....	22
1.6.1. GENERALITÀ	22
1.6.2. MASSETTO DI SOTTOFONDO PER MARCIAPIEDI.....	24
1.6.3. MANTO IN ASFALTO COLATO PER MARCIAPIEDI	25
1.6.3.1. Aggregati	25
1.6.3.2. bitume	26
1.6.3.3. Miscela	26
1.6.3.4. Produzione e posa in opera d'asfalto colato.....	27
1.7. PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO	28
1.7.1. BASE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE CON BITUME NORMALE.....	28
1.7.1.1. descrizione	28

1.7.1.2. materiali costituenti	28
1.7.1.3. additivi	30
1.7.1.4. Miscele.....	31
1.7.1.5. confezionamento delle miscele	32
1.7.1.6. preparazione delle superfici di stesa	33
1.7.1.7. posa in opera delle miscele.....	33
1.7.1.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	34
1.7.1.9. accettazione delle miscele	34
1.7.2. BASE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME MODIFICATO	35
1.7.2.1. descrizione	35
1.7.2.2. materiali costituenti	36
1.7.2.3. additivi	37
1.7.2.4. miscele.....	38
1.7.2.5. confezionamento delle miscele	39
1.7.2.6. preparazione delle superfici di stesa	40
1.7.2.7. posa in opera delle miscele.....	40
1.7.2.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	41
1.7.2.9. accettazione delle miscele	41
1.7.3. BASE A ELEVATE PRESTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON POLIMERI	42
1.7.3.1. descrizione	42
1.7.3.2. materiali costituenti	43
1.7.3.3. additivi	44
1.7.3.4. miscele.....	46
1.7.3.5. confezionamento delle miscele	47
1.7.3.6. preparazione delle superfici di stesa	48
1.7.3.7. Posa in opera delle miscele	48
1.7.3.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	49
1.7.3.9. Accettazione delle miscele.....	50
1.7.4. BASE ALTO MODULO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON POLIMERI E CON BITUME NORMALE.....	50
1.7.4.1. Descrizione.....	50
1.7.4.2. Materiali costituenti	51
1.7.4.3. Additivi	52
1.7.4.4. miscele.....	54
1.7.4.5. Confezionamento delle miscele.....	55
1.7.4.6. Preparazione delle superfici di stesa	56
1.7.4.7. Posa in opera delle miscele	56
1.7.4.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	57
1.7.4.9. Accettazione delle miscele.....	57
1.7.5. BASEBINDER A ELEVATE PRESTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON POLIMERI.....	58
1.7.5.1. descrizione	58
1.7.5.2. Materiali costituenti.....	59
1.7.5.3. Additivi	60
1.7.5.4. Miscele.....	62
1.7.5.5. Confezionamento delle miscele.....	63
1.7.5.6. Preparazione delle superfici di stesa	64
1.7.5.7. Posa in opera delle miscele	64
1.7.5.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	65
1.7.5.9. Accettazione delle miscele.....	65
1.7.6. BINDER IN CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE CON BITUME NORMALE	66

1.7.6.1. Descrizione.....	66
1.7.6.2. materiali costituenti	66
1.7.6.3. Additivi	68
1.7.6.4. Miscele.....	69
1.7.6.5. Confezionamento delle miscele.....	70
1.7.6.6. Preparazione delle superfici di stesa	71
1.7.6.7. Posa in opera delle miscele	71
1.7.6.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	72
1.7.6.9. Accettazione delle miscele.....	72
1.7.7. BINDER IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME MODIFICATO	73
1.7.7.1. descrizione	73
1.7.7.2. materiali costituenti	74
1.7.7.3. additivi.....	75
1.7.7.4. miscele.....	76
1.7.7.5. confezionamento delle miscele	77
1.7.7.6. preparazione delle superfici di stesa	78
1.7.7.7. posa in opera delle miscele.....	78
1.7.7.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	79
1.7.7.9. accettazione delle miscele	79
1.7.8. BINDER A ELEVATE PRESTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON POLIMERI.....	80
1.7.8.1. Descrizione.....	80
1.7.8.2. Materiali costituenti	80
1.7.8.3. Additivi	82
1.7.8.4. Miscele.....	84
1.7.8.5. Confezionamento delle miscele.....	85
1.7.8.6. Preparazione delle superfici di stesa	85
1.7.8.7. Posa in opera delle miscele	86
1.7.8.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	87
1.7.8.9. Accettazione delle miscele.....	87
1.7.9. USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE CON BITUME NORMALE.....	88
1.7.9.1. Descrizione.....	88
1.7.9.2. Materiali costituenti	88
1.7.9.3. Additivi	90
1.7.9.4. Miscele.....	90
1.7.9.5. Confezionamento delle miscele.....	91
1.7.9.6. Preparazione delle superfici di stesa	92
1.7.9.7. Posa in opera delle miscele	92
1.7.9.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	93
1.7.9.9. Accettazione delle miscele.....	93
1.7.10. USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO MODIFICATO.....	94
1.7.10.1. Descrizione.....	94
1.7.10.2. Materiali costituenti	95
1.7.10.3. Additivi	96
1.7.10.4. Miscele.....	97
1.7.10.5. Confezionamento delle miscele	98
1.7.10.6. Preparazione delle superfici di stesa	99
1.7.10.7. Posa in opera delle miscele	99
1.7.10.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido.....	100
1.7.10.9. Accettazione delle miscele.....	100

1.7.11. USURA AD ELEVATE PRESTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON POLIMERI	101
1.7.11.1. Descrizione.....	101
1.7.11.2. Materiali costituenti	102
1.7.11.3. Additivi	104
1.7.11.4. Miscela.....	105
1.7.11.5. Confezionamento delle miscele	106
1.7.11.6. Preparazione delle superfici di stesa	107
1.7.11.7. Posa in opera delle miscele	107
1.7.11.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	108
1.7.11.9. Accettazione delle miscele.....	108
1.7.12. USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A ELEVATA ADERENZA, CON BITUME NORMALE E COMPOUND FIBRE- POLIMERI	109
1.7.12.1. Descrizione.....	109
1.7.12.2. Materiali costituenti	110
1.7.12.3. Additivi	112
1.7.12.4. Miscela.....	113
1.7.12.5. Confezionamento delle miscele	114
1.7.12.6. Preparazione delle superfici di stesa	114
1.7.12.7. Posa in opera delle miscele	115
1.7.12.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	116
1.7.12.9. Accettazione delle miscele.....	117
1.7.13. USURA A ELEVATE PRESTAZIONI A TESSITURA OTTIMIZZATA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON COMPOUND FIBRE-POLIMERI.....	118
1.7.13.1. Descrizione.....	118
1.7.13.2. materiali costituenti	118
1.7.13.3. ADDITIVI	120
1.7.13.4. miscela.....	121
1.7.13.5. confezionamento delle miscele	122
1.7.13.6. preparazione delle superfici di stesa	123
1.7.13.7. posa in opera delle miscele	123
1.7.13.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	124
1.7.13.9. accettazione delle miscele	124
1.7.14. USURA A ELEVATE PRESTAZIONI PER BINARI TRANVIARI CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON COMPOUND FIBRE-POLIMERI	125
1.7.14.1. descrizione	125
1.7.14.2. materiali costituenti	126
1.7.14.3. additivi.....	127
1.7.14.4. miscela.....	129
1.7.14.5. confezionamento delle miscele	130
1.7.14.6. preparazione delle superfici di stesa	131
1.7.14.7. posa in opera delle miscele	131
1.7.14.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	132
1.7.14.9. accettazione delle miscele	132
1.7.15. USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO COLORATO	133
1.7.15.1. descrizione	133
1.7.15.2. materiali costituenti	134
1.7.15.3. additivi.....	134
1.7.15.4. miscela.....	134
1.7.15.5. confezionamento delle miscele	134
1.7.15.6. preparazione delle superfici di stesa	134

1.7.15.7. posa in opera delle miscele	135
1.7.15.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	135
1.7.15.9. accettazione delle miscele	135
1.7.16. CONGLOMERATI BITUMINOSI DRENANTI - FONOASSORBENTI AD ELEVATA PERCENTUALE DI VUOTI	135
1.7.16.1. Descrizione.....	135
1.7.16.2. materiali costituenti	135
1.7.16.3. additivi.....	137
1.7.16.4. miscele.....	138
1.7.16.5. Confezionamento delle miscele	139
1.7.16.6. preparazione delle superfici di stesa	140
1.7.16.7. posa in opera delle miscele	140
1.7.16.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	141
1.7.16.9. accettazione delle miscele	141
1.7.17. CONGLOMERATI BITUMINOSI SEMIDRENANTI - FONOASSORBENTI A MODERATA PERCENTUALE DI VUOTI .	143
1.7.17.1. descrizione	143
1.7.17.2. materiali costituenti	143
1.7.17.3. additivi.....	144
1.7.17.4. miscele.....	146
1.7.17.5. confezionamento delle miscele	147
1.7.17.6. preparazione delle superfici di stesa	148
1.7.17.7. posa in opera delle miscele	148
1.7.17.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido	149
1.7.17.9. accettazione delle miscele	149
1.7.17.10. Riduzione livello sonoro.....	150
1.7.18. CONGLOMERATO BITUMINOSO FREDDO PER MANUTENZIONI STRADALI A ELEVATE PRESTAZIONI.....	150
1.7.18.1. Descrizione.....	150
1.7.18.2. materiali costituenti	151
1.7.18.3. Additivi	152
1.7.18.4. miscele.....	153
1.7.18.5. confezionamento delle miscele	153
1.7.18.6. posa in opera delle miscele	153
1.7.19. STRATI DI USURA COLORATI O A COLORAZIONE NATURALE	154
1.7.19.1. Generalità	154
1.7.20. DETRAZIONI	155
1.7.20.1. Detrazioni	156
1.8. COLMATURA PROVVISORIA DI BUCIA NELLE PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO.....	158
1.9. RAPPEZZATURA PROVVISORIA.....	158
1.10. SEGNALETICA FISSA.....	159
1.10.1. NORME TECNICHE PER SEGNALETICA STRADALE.....	159
1.10.2. SEGNALETICA ORIZZONTALE.....	159
1.10.2.1. Condizioni operative	159
1.10.2.2. Visibilità diurna.....	159
1.10.2.3. Resistenza all'usura.....	160
1.10.2.4. Antiscivolosità	160
1.10.2.5. Visibilità notturna	160
1.10.2.6. Aspetto.....	160
1.10.2.7. Vita utile	160
1.10.2.8. Criteri di accettazione dei materiali.....	160
1.10.2.9. Laminati plastici per segnaletica orizzontale	161

1.10.2.10. Colati plastici a freddo per segnaletica orizzontale	161
1.10.3. . SEGNALETICA VERTICALE	162
1.10.4. SEGNALETICA INERENTE ALLA VIABILITÀ ESISTENTE	163
1.10.5. SEGNALETICA INERENTE ALLA VIABILITÀ PROVVISORIA	163
1.10.6. GARANZIE SULLA SEGNALETICA FISSA.....	164
1.11. SPURGO POZZETTI STRADALI E DISOSTRUZIONI RELATIVE TUBAZIONI DI SCARICO	164
1.12. TESSUTO NON TESSUTO	164
1.13. BARRIERE DI SICUREZZA NEW JERSEY PER PROTEZIONE AREE DI CANTIERE	165
1.14. POLIFORE PORTACAVI	165
1.15. ALLEGATI – SCHEMI GRAFICI.....	165

1. SPECIFICHE TECNICHE OPERE STRADALI

1.1. DEMOLIZIONI

1.1.1. DEMOLIZIONE CONTROLLATA DI STRATI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO MEDIANTE FRESATURA CON IDONEE ATTREZZATURE

La demolizione della pavimentazione in conglomerato bituminoso per l'intero spessore o per parte di esso potrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, con nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

La demolizione dovrà rispettare rigorosamente gli spessori previsti in progetto o prescritti dalla Direzione Lavori.

Se la demolizione interessa uno spessore inferiore a 15 cm potrà essere effettuata con un solo passaggio di fresa; per spessori maggiori a 15 cm si dovranno effettuare due passaggi di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare longitudinalmente sui due lati dell'incavo un gradino fra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm.

Le superfici scarificate dovranno risultare perfettamente regolari in ogni punto, senza discontinuità che potrebbero compromettere l'aderenza dei nuovi strati; i bordi delle superfici scarificate dovranno risultare verticali, rettilinei e privi di sgretolature.

La pulizia del piano di scarifica dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di spazzole rotanti e dispositivi aspiranti in grado di dare il piano depolverizzato.

La superficie del cavo fresato dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera (questa prescrizione non è valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi).

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla Direzione Lavori.

Qualora dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione alla Direzione Lavori o ad un incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica. Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito. Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti, asciutti ed uniformemente rivestiti dalla mano d'attacco in legante bituminoso.

Si precisa da ultimo che sarà facoltà della Direzione lavori utilizzare la fresatrice anche per approfondire gli scavi oltre lo spessore costituito dal pacchetto bitumato.

1.1.2. DISFACIMENTO DI SOVRASTRUTTURA STRADALE

Il disfacimento della sovrastruttura stradale in conglomerato bituminoso di qualsiasi tipo e di qualsiasi spessore da eseguirsi con metodologie di lavoro tradizionali approvate di volta in volta dalla Direzione lavori (esclusa la fresatura a freddo), comprende in genere il manto d'usura lo strato di collegamento, lo strato di base della sovrastruttura medesima.

Il disfacimento è eseguito con mezzi meccanici o con qualsiasi altro mezzo (anche a mano) al fine di dare l'opera finita a regola d'arte.

1.1.3. DEMOLIZIONE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO MEDIANTE FRESATURA CON IDONEE ATTREZZATURE

La fresatura per la sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonei macchinari muniti di frese a tamburo, funzionanti a freddo, oltre che di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta. Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Direzione Lavori.

La superficie del cavo fresato dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera (questa prescrizione non è valida nel caso di demolizione integrale degli strati bituminosi).

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla Direzione Lavori. Qualora dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione alla Direzione Lavori o ad un incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica. Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio. Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito. Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Sia il piano fresato che le pareti dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente puliti, asciutti ed uniformemente rivestiti dalla mano d'attacco in legante bituminoso.

Si precisa da ultimo che sarà facoltà della Direzione lavori utilizzare la fresatrice anche per approfondire gli scavi oltre lo spessore costituito dal pacchetto bitumato

1.1.4. SCARIFICA DI MARCIAPIEDI ESISTENTI PAVIMENTATI IN ASFALTO COLATO O CONGLOMERATO BITUMINOSO IN GENERE

Per la ripavimentazione dei marciapiedi per cui si rendesse necessaria una preventiva scarifica si procederà rimuovendo a macchina o a mano lo strato bitumato presente di qualsiasi spessore sia; nell'eseguire tale operazione si dovrà prestare cura a creare un dente d'attacco di almeno due centimetri al bordo di chiusini e delle cordolature esistenti, al fine di consentire la successiva stesa di un idoneo strato di tappeto d'usura bituminoso o di asfalto colato.

1.1.5. TAGLIO DELLE PAVIMENTAZIONI

Il taglio da eseguirsi mediante sega a disco dovrà avere andamento rettilineo, non sono ammessi tagli in obliquo, rispetto all'asse di carreggiata o marciapiede. Le macchine utilizzate per l'esecuzione dei tagli dovranno essere munite di idonei dispositivi per l'abbattimento delle polveri e inoltre dovranno in tutto essere conformi alle normative di sicurezza vigenti per tali tipi di utensili, avendo cura in particolare di utilizzare macchinari dotati di protezione degli organi in movimento.

1.1.6. RIMOZIONE CORDONATURE

La rimozione di cordonatura qualsiasi dimensione e tipo, il lavoro comprende l'eventuale rottura della pavimentazione adiacente, il carico e trasporto materiali di risulta ad impianto di stoccaggio, di recupero oltre che alle opere di protezione e segnaletica necessarie e conformi alla normativa vigente ed in particolare al Nuovo codice della Strada. Nel caso delle cordonature in pietra naturale il prezzo comprende il trasporto del materiale al recapito indicato dalla direzione Lavori, la cernita degli elementi recuperabili sotto la supervisione di un tecnico dell'Amministrazione e il regolare accatastamento secondo modalità concordate con la Direzione Lavori in questione in relazione alle caratteristiche del materiale e del sito.

1.1.7. RIMOZIONE ARCHETTI, DISSUASORI IN GENERE E TRANSENNE

I manufatti da rimuovere possono essere in ferro o acciaio o altro materiale e potranno avere forma e dimensione differenti, e la lavorazione comprende in dettaglio lo scavo, la demolizione del rinfiacco in calcestruzzo o del plinto di fondazione, il carico, trasporto al Deposito comunale dei manufatti riutilizzabili o ad Impianti di stoccaggio o di recupero, il riempimento dello scavo, e il ripristino della pavimentazione

1.2. INERTI PER COSTRUZIONI STRADALI

Gli inerti (aggregati) da impiegarsi nelle costruzioni stradali si classificano in base alla granulometria, come segue:

Intervallo granulometrico (mm)	Naturale a Spigoli arrotondati	Naturale a Spigoli vivi	Da frantumazione
>71	Ciottolame	Pietrame	
25-71	Ghiaia	Breccia	Pietrisco
10-25	Ghiaietto	Breccetta	Pietrischetto
2-10	Ghiaino	Brecciolino	Graniglia
0,075-2	Sabbia		
0,005-0,075	Limo		
<0,005	Argilla		

1.2.1. SABBIE

La sabbia da impiegarsi, tanto nella formazione delle malte, quanto nei ciottolati, lastricati o pavimentazioni lapidee in generale dovrà essere di natura silicea, ruvida al tatto, non coesiva con esclusione di frazioni limo-argillose e da altre sostanze eterogenee o di natura organica. La granulometria sarà rigorosamente compresa tra 0,075 e 2 mm, distinguendosi ulteriormente tra sabbia fine (da 0,075 e 0,5 mm) e sabbia grossa (tra 0,5 e 2 mm)

Tutte le sabbie per malte cementizie o bituminose da impiegarsi nelle pavimentazioni stradali dovranno essere preventivamente lavate prima del loro impiego. Affinché la granulometria delle sabbie soddisfi esattamente alle prescrizioni di progetto o comunque richieste dalla Direzione Lavori, la stessa potrà esigere che siano vagliate o setacciate a spesa e cura dell'Appaltatore

1.2.2. CIOTTOLOME, GHIAIE E GHIAIETTI E GHIAINI

Il ciottolame, le ghiaie e i ghiaietti da impiegarsi per pavimentazioni stradali dovranno essere di natura silicea, esenti da sabbia materie terrose ed eterogenee e dovranno presentare dimensioni uniformi secondo le diverse categorie:

Il ciottolame dovrà essere trattenuto da una griglia con maglie da 70 mm; le ghiaie dovranno passare attraverso una griglia con maglie di 70 mm. ed essere trattenute ad una griglia con maglie di 25 mm.. Entro questi limiti, dovranno essere di granulazione bene assortita una percentuale minima del 30% di materiale compreso tra i 50 e i 70 mm.; per il ghiaietto le griglie dovranno avere maglie rispettivamente di 25 mm. e di 10 mm; per il ghiaino le maglie dovranno essere rispettivamente di 10 mm. e 2 mm.

I ciottoli e le ghiaie per i selciati stradali, fornibili nelle pezzature 4/6, 6/8, 8/10, 10/12 cm, dovranno essere di natura silicea o senza vene o fori visibili; saranno esclusi i ciottoli ritenuti di peso specifico troppo leggero ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori così come quelli poco consistenti e di forma non ovoidale o comunque irregolare. La forma dei ciottoli dovrà comunque essere ovoidale con i tre assi rispondenti per dimensioni a quanto prescritto in progetto o nelle rispettive voci di elenco prezzi.

1.2.3. PIETRISCHI, PIETRISCHIETTI E GRANIGLIE

Con questi termini si definisce il materiale sciolto originato dalla frantumazione meccanica di rocce e con granulometria corrispondente, rispettivamente, alla ghiaia, al ghiaietto e al ghiaino (Cfr. par. precedente)

Il pietrisco dovrà essere privo di sabbia, limo, argilla ed ogni altra sostanza di natura organica o comunque eterogenea. Dovrà essere formato esclusivamente da materiali provenienti da frantumazione di rocce tratte da cave note e approvate dagli uffici della Direzione Lavori. Le dimensioni dei frammenti di roccia dovranno essere tali da corrispondere alle prescrizioni granulometriche richieste dagli atti progettuali o dalle voci di elenco prezzi. Qualora il pietrisco fosse utilizzato per il confezionamento di calcestruzzo dovrà essere preventivamente lavato.

1.3. OPERE DI DEFINIZIONE DELLO SPAZIO STRADALE

In questo paragrafo sono raggruppate le opere che servono a delimitare o comunque a materializzare la transizione o l'intersezione tra le diverse zone di fruizione dello spazio stradale (Carreggiate, percorsi pedonali e ciclabili, intersezioni, attraversamenti, accessi carrai ecc.), ciascuna destinata a ricevere un diverso tipo di pavimentazione, attrezzatura o trattamento superficiale in genere.

1.3.1.1. Posa in opera degli scivoli prefabbricati

Per la posa degli scivoli prefabbricati per abbattimento delle Barriere architettoniche, andranno eseguite le necessarie operazioni di taglio della pavimentazione esistente, la demolizione e lo scavo della pavimentazione esistente fino alla profondità necessaria ad eseguire l'inserimento del manufatto a quota corretta, la formazione di sottofondo in cls. spessore cm. 20 dosato a q.li 2 di cemento classe C16/20, lo sgombero del materiale di demolizione compresa la modifica e/o rimozione dei manufatti stradali (pozzetti o cordoli) che dovessero in qualche modo essere modificati o tolti per l'inserimento del manufatto scivolo. Saranno altresì richieste le opere di stuccatura, finitura e ripristino delle pavimentazioni esistenti, così come la messa in opera delle transennature provvisorie a recintare l'area di cantiere e la posa in opera della necessaria segnaletica diurna e notturna prevista dalla normativa vigente ed in particolare dal Nuovo codice della Strada.

1.3.2. MODALITÀ DI POSA DELLE CORDONATURE

I cordoli indipendentemente dalla sezione richiesta e dalla tipologia di materiale lapideo da utilizzare verranno posati previo costipamento e regolarizzazione del piano di posa o di scavo; in particolare si provvederà a mettere in opera i cordoli su allettamento di calcestruzzo di classe di resistenza minima C16-20 realizzata con cemento classe 32.5 R nella quantità di 250 Kg/mc e posato nello spessore minimo di cm. 20. Successivamente si eseguirà un rinfiacco sempre con cls. di caratteristiche sopra riportate indi si provvederà alle opere di rinterro delle zone scavate mediante materiale inerte granulare secondo le prescrizioni di progetto o della Direzione lavori. Da ultimo si eseguirà ove necessario la stuccatura delle fughe con malta grassa di cemento bianco, di cemento con polvere di marmo, o altro mastice prescritto in sede di progetto o dalla Direzione lavori e le eventuali rifiniture mediante opere di bocciardatura o da scalpello.

1.3.3. ACCESSI (PASSI) CARRAI CON RAMPE E RISVOLTE (CFR. ILLUSTRAZIONI)

Un passo carraio (Codice della strada, art. 3.37, art. 22 e Regolamento artt. 46) è l'accesso da una strada pubblica urbana ad un'area laterale idonea allo stazionamento di uno o più veicoli).

Un accesso (/Codice, art. 22 e Regolamento artt. 44) è l'immissione per veicoli su una strada ad uso pubblico, urbana od extraurbana, da una strada o da un fondo privato.

Pertanto i passi carrai per l'attuale Codice della Strada e relativo Regolamento sono gli accessi alle strade pubbliche urbane da aree, pubbliche, o private, nelle quali sia possibile il parcheggio di almeno un veicolo (non necessariamente a quattro ruote e non necessariamente a motore).

Per strada pubblica si intende, a norma dell'art.2.1 del Codice) "l'area di uso pubblico destinata alla circolazione di veicoli, persone e animali". Inoltre, per "Circolazione" si intende (Cod. art. 3.9) non solo il movimento ma anche la sosta.

La strada urbana non è pertanto composta solo dalla carreggiata e dalle banchine, ma anche dai marciapiedi e, qualora presenti, dalle piste ciclabili e, inoltre, da spazi di sosta (denominati in questo caso spazi di sosta in sede stradale) destinati a tutti i tipi di utenti (stalli per auto, per moto, per biciclette, panchine).

Spazi di sosta, piste ciclabili e marciapiedi sono di norma collocati nella fascia compresa tra la carreggiata e il confine fondiario. Tale fascia, oltre al marciapiede a eventuali percorsi pedonali aggiuntivi, a piste ciclabili e a spazi di sosta, può ospitare altre funzioni quali verde stradale, occupazioni commerciali ecc la cui presenza ha comunque un'influenza su questo particolare tipo di intersezione, in particolare nei riguardi del requisito di visibilità imposto dal Codice ed essenziale per garantire la sicurezza,

Un passo carraio pertanto è, ai fini della sicurezza stradale, una strada privata che immette nella carreggiata ma che è anche intersecata dai flussi pedonali sul marciapiedi e dai ciclisti sull'eventuale pista ciclabile.

Il veicolo in uscita di un passo carraio deve dare la precedenza a tutti gli utenti della strada pubblica (veicoli, pedoni e animali). (Cod. art. 145.6). Analoga previsione non è esplicitata per la direzione contraria (immissione dalla carreggiata nell'area fondiaria). Tuttavia la sicurezza dei pedoni e ancor più dei ciclisti, su pista ciclabile o in promiscuo sul margine destro della carreggiata, richiede che la conformazione del passo carraio sia tale da garantire comunque la massima sicurezza delle utenze deboli.

A questo fine l'esperienza ormai secolare nella costruzione di questi manufatti (che risalgono, come dice il nome, al periodo in cui l'unico tipo di veicolo erano i "carri") suggerisce di attenersi, nella progettazione dei passi carrai, ai seguenti due principi.

- 1) Non ribassare la quota di marciapiedi e piste in corrispondenza dei passi carrai, in maniera da costringere i veicoli uscenti dal passo carraio a "salire" alla quota del marciapiedi e dell'eventuale pista ciclabile e quindi a impegnare l'accesso carraio alla velocità del passo d'uomo.
- 2) Evitare larghezze eccessive per i passi carrai
- 3) Differenziare i flussi di ingresso e uscita per i passi carrai a maggiore frequenza di utilizzo.
- 4) Differenziare sotto il profilo dell'aspetto visivo la zona di conflitto del 'passo carraio, per segnalare la presenza stessa ai pedoni e ai ciclisti.

I passi carrai (Regolamento del Codice, art. 46) devono:

- Accedere ad un'area idonea allo stazionamento dei veicoli;
- Distare almeno 12 m dalle intersezioni;
- Essere visibili ad una distanza di frenata calcolata sulla base della velocità massima consentita sulla strada;
- Essere separati dagli accessi pedonali se il movimento pedonale è significativo;
- Non provocare ostruzioni dei flussi veicolari sulle carreggiate da parte dei veicoli che si immettono nell'area fondiaria (comma 3) consentendo che tale manovra avvenga in modo rapido.

Si rimanda inoltre a quanto previsto per i passi carrai dei relativi Regolamenti Edilizi Comunali.

I passi carrai sono storicamente realizzati con una breve piano inclinato (scivolo) lungo normalmente almeno 60 cm e raccordato con risolve di raggio analogo al cordolo del marciapiede. Questa tipologia, oltre ad essere consolidata dalla tradizione ha il vantaggio di non introdurre sul marciapiede intersecato irregolarità piano altimetriche e, in particolare, pendenze trasversali al flusso pedonale maggiori dell'1% e, quindi, non a norma. Inoltre, ha il vantaggio di mettere maggiormente in sicurezza i pedoni e ciclisti nei riguardi dei veicoli in uscita dalla carreggiata.

Ciò avviene al prezzo di una riduzione della sezione utile del marciapiede di una misura pari allo sviluppo della rampa. Tale riduzione è normativamente accettabile purché la parte residua sia larga almeno 90 cm. Tale valore, tuttavia non consente a due pedoni di incrociarsi e costringe il pedone a camminare vicino al muro con il rischio di non esser visto dal veicolo in uscita dal passo carraio. Pertanto, nelle ristrutturazioni e nuove costruzioni occorre garantire larghezze utili maggiori. Ad esempio con una lastra da 60 cm e un marciapiede da 225 la larghezza residua è pari a 125 cm che consentono ancora a due pedoni di incrociarsi o di camminare affiancati o, comunque, di camminare ad una certa distanza dal muro e, quindi, in condizioni di maggiore sicurezza.

Anche questi valori possono però non essere sufficienti quando i flussi pedonali e/o quelli veicolari previsti siano di notevole entità.

I passi carrai e gli scivoli per castellane dovranno essere realizzati in lastre o masselli di granito con spessore medio non inferiore a 20 cm e minimo non inferiore a 15, ovvero con cordoli di granito disposti affiancati ortogonalmente all'asse della rampa, fino a ottenere la lunghezza di rampa richiesta.

Lo sviluppo dei piani inclinati sarà di norma la seguente:

Passi carrai a servizio di fondi residenziali, terziari o misti	60 cm
Passi carrai a servizio di fondi destinazione industriale	80 cm

Tali valori garantiscono sempre valori adeguati di pendenza purché il dislivello tra marciapiede e carreggiata, misurato al ciglio, sia, come prescrivono le norme, non superiore ai 15 cm. Valori inferiori introducono pendenze eccessive per la maggior parte dei veicoli a motore, configurando la possibilità di danni ai veicoli. Introdurre pendenze eccessive contrasta inoltre con il requisito di cui al comma

3 dell'art. 46 del Regolamento di attuazione del Codice della strada in base al quale dev'essere comunque favorita la rapida immissione dei veicoli nella proprietà laterale per evitare di ostruire il deflusso lungo la carreggiata.

Il passo carraio, come qualunque intersezione stradale, va normalmente collocato in zona di displuvio e, quindi, mai in corrispondenza di punti di raccolta delle acque meteoriche. In tali punti normalmente il dislivello tra marciapiede è inferiore ai 15 cm e questo contribuisce a ridurre la pendenza del piano inclinato.

La larghezza di un passo carraio non può essere inferiore a 450 cm e superiore a 650 cm. Valori diversi devono essere espressamente autorizzati, a fronte di documentate esigenze o vincoli, dal Settore Tecnico Infrastrutture.

I passi carrai con larghezza maggiore di 650 cm, qualora autorizzabili in deroga al Regolamento edilizio devono comunque essere dotati di isola salvagente a separazione dei sensi di ingresso e uscita dall'area fondiaria.

L'accesso carraio deve sempre avvenire ortogonalmente all'asse del marciapiede, salvo eccezioni espressamente autorizzate e limitate ai casi in cui non esistano possibilità alternative.

La zona di intersezione tra flussi pedonali e veicolari deve essere complanare con il marciapiede e avere pavimentazione tale da sopportare i carichi veicolari ammessi alla circolazione sulla strada. In particolare, al massetto di calcestruzzo andrà sostituito uno tratto di base in conglomerato bituminoso. Allo scopo di poter effettuare una manutenzione differenziata dell'area del passo carraio è buona norma delimitare con cordoli a raso tale area rispetto ai tratti contigui di marciapiedi. Questa soluzione consente anche di dare una certa evidenza ai pedoni della presenza del passo carraio migliorando la sicurezza.

Nei casi in cui il marciapiede e/o l'accesso siano intensamente frequentati o la visibilità reciproca non sia ritenuta sufficiente, ovvero quando sia prevista una presenza non occasionale di ciclisti in carreggiata o su pista ciclabile, sarà necessario differenziare la pavimentazione dell'area di intersezione anche sotto il profilo dell'aspetto esteriore, in maniera da segnalare con più forza la presenza del passo carraio. Una tipica soluzione ricorrente a Milano e molto valida sotto tutti i profili, compreso quello estetico, è ad esempio quella di realizzare in corrispondenza dei passi carrai una pavimentazione lapidea carrabile in masselli o cubetti.

Occorrerà in ogni caso garantire che l'accesso sia ben illuminato nelle ore notturne, non escludendo, negli accessi particolarmente frequentati (ad esempio distributori di benzina, centri commerciali) l'adozione di illuminazione integrativa ad hoc.

È in ogni caso da evitare, in quanto di dubbia applicabilità normativa, l'impiego della segnalazione orizzontale e verticale propria degli attraversamenti pedonali o ciclabili. Tale segnalazione è inoltre di dubbia efficacia, in quanto il passo carraio può essere in tal caso, soprattutto nelle ore notturne, confuso, per la presenza delle zebraure, con una diramazione stradale e, quindi, essere impegnato a velocità inappropriata per un passo carraio.

Gli accessi carrai non possono essere realizzati a meno di 12 m da un'intersezione. La distanza in questione è misurata parallelamente all'asse della strada sulla quale si vuole aprire il passo carraio, dal confine della sede stradale intersecante e il margine dell'accesso carraio più vicino all'incrocio.

Gli accessi carrai non possono essere realizzati a meno di 1 di distanza dal confine dell'aria fondiaria e a meno di 2 m da un accesso carraio contermine.

I terminali dei cordoli in corrispondenza delle rampe dei passi carrai terminano con un elemento di raccordo normalmente di 60 cm di raggio. Tale elemento viene normalmente denominato "risvolta" "dardo" ed è un monoblocco lapideo a forma di settore cilindrico; (Cfr. disegni allegati). Quando lo sviluppo della rampa è maggiore di 60 cm il monoblocco assume una forma più complessa, data dall'unione di un settore cilindrico con un parallelepipedo (vedi illustrazione).

In alternativa alla risvolta di cui sopra, quando il cordolo corrente del marciapiedi è da 15 cm e il traffico è leggero si possono impiegare cordoli curvi dello stesso tipo con $R=60\text{cm}$.

La rampa viene tradizionalmente realizzata con lastre in granito con spessore variabile tra i 16 e i 20 cm. Sono tuttavia impiegabili, in quanto già sperimentati con risultati soddisfacenti, anche masselli o cordoli 30x25 nello stesso materiale posati a raso, tra loro affiancati con una fuga sigillata con materiale non rigido, di larghezza compresa tra 10 e 20 mm, disposti con il lato lungo ortogonale alla direzione del moto.

Gli elementi lapidei utilizzati per gli accessi carrai dovranno avere sulle facce a vista lavorazione antisdrucciolo e corrispondere nelle dimensioni a quanto prescritto dalla Direzione Lavori o dagli elaborati progettuali. Lo spessore delle lastre non sarà di norma inferiore ai 20 cm; saranno ammassi spessori minori per particolari esigenze costruttive e comunque non inferiori a 15 cm; la lunghezza di ciascun monolite destinato alla realizzazione di rampe per passi carrai sarà compresa tra gli 80 e i 150 cm, la larghezza sarà fissata dal progetto o dalla DL non inferiore ai 40 e non superiore ai 60 cm.

Lo sviluppo delle rampe dei passi carrai, costituite per assemblaggio delle lastre di cui sopra, sarà in funzione del tipo di veicoli serviti, della larghezza del marciapiedi e del dislivello, con un minimo di 60 cm. Per sviluppi maggiori di 60 cm dovranno usarsi cordoli a raso o lastre tra loro accostate.

Le risvolte per passi carrai avranno sempre raggio di raccordo planimetrico pari a 60 cm. Le facce di congiunzione dovranno, per lastre in genere, essere ortogonali ossia con i fili determinanti il contorno del piano superiore delle lastre rettilinei; fra loro ortogonali, salvo altrimenti previsto dal progetto o ordinato dalla DL.

Le lastre e le risvolte saranno di regola posate sopra fondo di calcestruzzo classe C16-20 in modo da combaciare con questa in tutta la loro superficie inferiore; esse dovranno congiungersi esattamente testa a testa per tutta la loro grossezza, ed essere disposte in modo da assecondare la forma stabilita per la superficie stradale. In ogni caso, prima di formare la fondazione, il fondo in terra dovrà essere regolarizzato, bagnato e costipato.

Il lavoro dovrà sempre intendersi comprensivo anche dell'onere dell'eventuale scalpellino per gli opportuni ritocchi.

1.3.4. CORDONATURE IN CALCESTRUZZO VIBROCOMPRESSO

I cordoli indipendentemente dalla sezione richiesta verranno posati previo costipamento e regolarizzazione del piano di posa o di scavo; in particolare si provvederà a mettere in opera i cordoli su allettamento di calcestruzzo con classe minima C16-20 dello spessore minimo di cm. 15. Successivamente si eseguirà un rinfianco sempre con cls. di caratteristiche sopra riportate indi si provvederà alle opere di rinterro delle zone scavate mediante materiale inerte granulare secondo le prescrizioni di progetto o della Direzione lavori. Da ultimo si eseguiranno le opere di stuccatura eventuale delle cordonature con malta di cemento grassa e le eventuali rifiniture mediante opere da scalpellino.

1.3.5. ARCHETTI, DISSUASORI IN GENERE E TRANSENNE

La lavorazione comprende la demolizione della pavimentazione per la zona necessaria alla realizzazione della fondazione, gli scavetti laterali, la realizzazione di basamento in cls. classe C16-20, impianto dell'archetto o dissuasore in oggetto, ripristino della pavimentazione originale, carico, trasporto e smaltimento del materiale

di risulta. Durante le operazioni di posa dei manufatti sarà a cura e spese dell'appaltatore la posa in opera della necessaria segnaletica e protezioni conformi alla normativa vigente ed il particolare al Nuovo codice della Strada.

1.4. DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE

1.4.1. GENERALITÀ

Ogni nuovo pozzetto per la raccolta delle acque meteoriche sarà collegato direttamente e singolarmente agli sghembi predisposti nella fognatura, salvo diversa previsione progettuale o formale ordine della Direzione lavori, e salvo i casi in cui, come (a.e. piazzali, parcheggi) si renda necessaria la realizzazione di una rete locale di smaltimento acque bianche aggiuntiva rispetto alla fognatura pubblica. Tale rete dovrà essere in tal caso adeguatamente dimensionata e avere recapito finale alla fognatura pubblica ovvero su corpo idrico superficiale previo assenso formale del gestore del corpo idrico e con le modalità tecniche richieste dalle norme vigenti.

Il collegamento del pozzetto allo sghembo o all'eventuale collettore di acque bianche sarà realizzato mediante tubazione in gres, PVC o PE ad alta densità con diametro normalmente pari a 160 mm. La tubazione sarà sempre connessa al pozzetto attraverso un sifone realizzato in gres. L'utilizzo di tale materiale per il sifone consente di effettuare la disostruzione mediante idranti ad alta pressione.

Nel caso si renda necessaria una rete separata per le acque meteoriche i diametri andranno calcolati in funzione del numero di pozzetti allacciati al tubo in questione.

L'allacciamento alla fognatura pubblica avverrà in corrispondenza degli sghembi esistenti o, in mancanza, di sghembi predisposti appositamente nel quadrante superiore della tubazione esclusivamente mediante l'impiego di carotatrici rifiniti mediante apposito elemento in gres atto a ricevere tubazione in gres o PVC DN 160.

Marciaiedi e aree di sosta a lato carreggiata avranno di norma pendenza a scaricare verso il centro strada, ciò allo scopo di agevolare la pulizia di tali parti dello spazio stradali che sono le più difficili da pulire con mezzi meccanici e, nel contempo, quelle dove l'esigenza di pulizia è maggiore. Inoltre, in caso di malfunzionamento del drenaggio, con tale accorgimento eventuali ristagni non coinvolgono aree normalmente percorse dai pedoni.

Le opere di drenaggio sono di seguito distinte in sistemi di raccolta, allacciamenti, condotti sussidiari di drenaggio così definiti:

“Sistemi di raccolta” : opere che servono a intercettare l'acqua piovana che cade sulla superficie stradale e a farla “cadere” al fondo di un pozzetto dove si depositano terre ed altri materiali solidi in sospensione che vengono poi periodicamente rimossi nelle periodiche operazioni di manutenzione.

“Allacciamenti”: sistema di connessione tra pozzetto e fognatura pubblica.

“Condotti di drenaggio”: condotto sussidiario di raccolta delle acque che raccoglie l'acqua di più pozzetti per andarsi poi ad allacciare alla fognatura pubblica.

I sistemi di raccolta si possono distinguere in

- Sistemi di raccolta puntuali o “caditoie” (a griglia, a bocca di lupo, miste) che raccolgono l'acqua convogliata in un punto di compluvio.
- Sistemi di raccolta lineari o canaline (con coronamento superiore a griglia, a fessura o a binario) che raccolgono l'acqua convogliata lungo una linea di compluvio

1.4.2. SISTEMI DI RACCOLTA PUNTUALI

Le caditoie impiegano pozzetti costituiti da pezzi speciali intercambiabili di cemento armato prefabbricato.

Nel caso delle caditoie a griglia il dispositivo di coronamento del pozzetto è costituito da una griglia complanare alla superficie da drenare attraverso la quale l'acqua in superficie cade nel pozzetto. Il pozzetto è in questo caso collocato normalmente a ridosso del cordolo sul lato della carreggiata. La griglia è rimuovibile per effettuare le operazioni di periodica manutenzione del pozzetto.

Collocazioni diverse delle caditoie a griglia sono da evitare in quanto solo tale posizione evita che la griglia, normalmente non più larga di 50 cm, sia sollecitata dai veicoli in marcia. Al di là della classe di griglia impiegata questo si traduce in maggiore silenziosità, confort per gli utenti e riduzione degli oneri manutentivi.

Nel caso delle caditoie a bocca di lupo, l'acqua viene intercettata attraverso un'apertura rettangolare, con altezza utile non inferiore a 5 cm e larghezza utile non inferiore a 40 cm, praticata nel cordolo di granito e nel contiguo pozzetto situato sul marciapiede. La contiguità tra pozzetto e cordolo è garanzia della funzionalità della bocca di lupo. Qualora non sia possibile realizzare tale contiguità potrà accettarsi l'espedito di collegare il cordolo con bocca di lupo al pozzetto con una tubazione circolare che non potrà mai garantire una sezione utile equivalente a quella della bocca di lupo.

E' quindi di fondamentale importanza garantire che i pozzetti delle bocche lupaie ricavate dai cordoli siano, per quanto possibile, accostati al cordolo lato marciapiedi.

Nel caso delle caditoie con bocche di lupo ricavate dal cordolo, il sistema è completato da un chiusino metallico rimovibile per consentire la manutenzione del pozzetto.

Le bocche di lupo possono essere anche realizzate interrompendo il cordolo in corrispondenza del pozzetto ed utilizzando un dispositivo di coronamento metallico che riproduce la sagoma del cordolo mancante e che comprende, oltre al chiusino per le ispezioni, una feritoia laterale che svolge la stessa funzione della bocca di lupo.

Oltre alle caditoie a griglia e a quelle a bocche di lupo esistono le caditoie miste, dotate sia di una griglia che di una bocca di lupo che normalmente fanno da coronamento ad un unico pozzetto posizionato a cavallo del cordolo. In altri casi, a seconda del modello, si utilizzano a questo scopo due pozzetti affiancati, uno su marciapiedi e uno su strada, ovvero un pozzetto su marciapiedi associato ad una canalina su strada.

Il dimensionamento e le caratteristiche dei chiusini dovranno rispondere alle prescrizioni della norma UNI EN 124. Il chiusino a caditoia per carreggiata avrà luce netta dei vari elementi di 450 mm.

Il collegamento "diretto" prevede: caditoia, pozzetto in cemento prefabbricato tipo Milano, sifone mortara $d = 0,16$ m in gres, tubazione $d = 0,16$ m in gres, PVC sere pesante o pead da collegare allo sghembo $d = 0,20$ m della tubazione fognaria più vicina e dei condotti di drenaggio.

I giunti di collegamento dei singoli elementi prefabbricati dovranno essere perfettamente sigillati con malta cementizia o saldati/"manicottati" per i pezzi speciali in polietilene.

I pozzetti stradali saranno posti in opera su sottofondo in cls; la superficie del sottofondo dovrà essere perfettamente orizzontale ed a quota idonea a garantire l'esatta collocazione altimetrica del manufatto rispetto alla pavimentazione stradale.

Il collegamento "indiretto" prevede, oltre a quanto indicato sopra, la formazione di una rete sussidiaria in tubazioni di gres, pvc, pead o (per diametri superiori a 40 cm) calcestruzzo armato centrifugato con pozzetti d'ispezione in c.a. di dimensioni interne 1.00×1.00 prefabbricati ad anelli con chiusino in g.s. del tipo GS 500-7 a norma ISO 1083 con coperchio circolare luce netta passo d'uomo mm 600, posti ad una distanza opportuna, le cui altezze, in alcuni casi, potranno essere condizionate dalle strutture dei manufatti sotterranei. Si dovranno adottare tubazione in PEAD corrugato per diametri sino a 400 mm compreso ed in c.a.n. a compressione radicale per fognature per i diametri superiori (si veda il paragrafo "tubi prefabbricati in conglomerato semplice o armato per le relative prescrizioni).

Per la posa dei condotti l'appaltatore dovrà realizzare un letto di posa in sabbia con uno spessore pari ad almeno 2 volte l'altezza di parete del tubo ad fine di evitare che la sommità della costola vada a poggiare su terreno non idoneo. Il riempimento dovrà essere con compattazione per strati successivi di 30 cm di sabbia sino ad almeno 1 m di copertura sull'estradosso superiore del tubo. Il collaudo idraulico sulla tenuta delle condotte installate dovrà essere eseguito con la chiusura con tappi amovibili di tratti di condotta sottoposti successivamente a pressione statica applicata con piezometro o con pompa da collaudo a 0.50 bar o maggiore.

1.4.3. SISTEMI DI RACCOLTA LINEARI

I sistemi di raccolta acque lineari si basano su canaline anziché su pozzetti. Il loro tipico campo d'impiego sono le zone pedonali e le piste ciclabili. In base al dispositivo di coronamento adottato si distinguono in:

Canaline con griglia, costituite da una canalina di calcestruzzo rinforzato (polimerico, additivato con fibre di vetro ecc) o con sezione esterna rettangolare, sezione interna a “U” o parabolica, dotata di telaio integrato in ghisa sferoidale e di giunti di sicurezza stagna per il collegamento tra i singoli elementi, coronata da una griglia normalmente in ghisa sferoidale disponibile nelle larghezze utili 100, 150 e 200 mm nelle diverse classi di impiego A15, B125, C250,D400, E600, F900.

Canaline a fessura normalmente costituite da una tubazione o canalina in calcestruzzo rinforzato (polimerico, additivato, con fibre di vetro ecc) resistente al gelo e ai sali, da rifiancare con calcestruzzo collegata in superficie con una fessura in materiale metallico, (ghisa sferoidale, acciaio zincato a caldo, acciaio inox) larga normalmente non più di 10 mm e quindi con funzione antitacco. La larghezza della canalina compresa tra i 100 e i 300 mm e disponibili su mercato nelle diverse classi di impiego A15, B125, C250,D400, E600, F900.

La certificazione per le diverse classi di carico deve essere riferita all'intero sistema canalina+griglia.

Il Prezzario regionale si limita, per i dispositivi lineari ai formati 100, 150 e 200 mm e alla classe di carico e impiego D400. Quest'ultima è quella di più comune impiego, considerato che le aree pedonali sono spesso percorse da veicoli a motore di servizio e di manutenzione e che le canaline sono impiegate in genere in tutta la piattaforma stradale e non solo nelle banchine.

Le canaline prefabbricate devono garantire una resistenza a compressione non inferiore a 95 N/mm², provvisto di bordi superiori formati da telaio in acciaio zincato dotato di rinforzi interni ed ancorati nel corpo del canale stesso, con spessori minimi del telaio di 4 x 2 mm come da normativa EN1433, predisposti per sistema di fissaggio della griglia con possibilità aggiuntiva di fermi + viti (nr.2 per metro), senza ostacoli sotto la griglia che possano impedire l'evacuazione dell'acqua nella canaletta, senza pendenza incorporata, con giunti di sicurezza, realizzata secondo la norma EN 1433.

La superficie della canalina dovrà essere perfettamente liscia per consentire il massimo scorrimento dell'acqua e per evitare ristagni di sostanze putrescibili, di fango e di inerti; dovrà essere inoltre priva di punti di collegamento con l'esterno.

Le canaline devono riportare il riferimento alla norma EN 1433, la classe di appartenenza, il nome o il marchio di identificazione del produttore, il luogo e data di produzione (anche codificato) e la marcatura

Oltre alle marcature sopra citate le canaline devono riportare anche la marcatura W relativa al grado 2 di resistenza agli agenti atmosferici e la marcatura +R relativa alla resistenza alla presenza di acqua stagnante contenente sali antighiaccio (rif. punto 6.3.3.3 della normativa).

Le griglie e i telai saranno in ghisa sferoidale nera GGG-50 con trattamento superficiale in cataforesi KTL con altezza minima pari a 30 mm, predisposte per sistema di fissaggio sul canale con chiusura rapida ed automatica e con possibilità aggiuntiva di fermi + viti. Sistema di anti scorrimento orizzontale della griglia sul canale realizzato mediante sporgenze in ghisa inserite nella parte inferiore della griglia stessa. Guarnizione integrata in gomma antirumore posta tra canale e griglia.

La forma delle aperture dovrà essere come da norma UNI EN 1433.

Le griglie devono riportare il riferimento alla norma EN 1433, la classe di appartenenza, il nome o il marchio di identificazione del produttore, il luogo e data di produzione (anche codificato) e la marcatura

La posa della canalina dovrà comprendere il rinfilanco e letto di posa con calcestruzzo avente classe di resistenza a compressione secondo la norma EN206 compresa tra C25/30 e C35/45 o compresa tra C30/37 XF4 e C40/50 XF4 a seconda che sia, rispettivamente, “non esposto” a cicli di gelo e disgelo oppure “esposto” a cicli di gelo e disgelo. Il calcestruzzo dovrà inoltre avere classe di consistenza non inferiore a S4 secondo la norma EN 206 e dovrà essere realizzato con aggregati lapidei molto fini (diametro massimo 8/10 mm)

1.4.4. DRENAGGIO DELLE ACQUE METEORICHE IN CORRISPONDENZA DELLE PISTE CICLABILI

Nel caso delle piste ciclabili il sistema di drenaggio dovrà essere oggetto di particolari accorgimenti.

Le piste ciclabili presentano l'esigenza di contenere normalmente entro i 6 cm e comunque sempre entro gli 8 cm l'altezza della parte a vista dei cordoli delimitanti lateralmente le piste stesse. Ciò allo scopo evitare l'urto

con il pedale quando si trova al punto più basso della sua corsa. Questo comporta l'impossibilità di adottare per il drenaggio le bocche di lupo intagliate nel cordolo.

Si potrà pertanto ricorrere ad una delle seguenti alternative

- 1) Bocche di lupo metalliche, eventualmente integrate da caditoie C250 entro i 30 cm di ingombro laterale a partire dal cordolo.
- 2) Caditoie a griglia puntuali C250 perfettamente accostate al cordolo con dimensione trasversale max di 30 cm.
- 3) Canaline D400 perfettamente accostate al cordolo con larghezza massima di 10 cm. Sono impiegabili anche le canaline a gola purché D400.

Occorre inoltre prestare particolare attenzione all'aderenza in tutte le condizioni che le superfici di questi manufatti offrono.

Particolare attenzione deve essere ai chiusini di ispezione che cadano entro la pista. La collocazione sulle piste ciclabili delle ispezioni è da evitare in quanto normalmente non è semplice chiudere al traffico per lavori una pista ciclabile o parzializzarne la già ristretta sezione.

Inoltre i chiusini sono sempre un elemento critico per la scarsa aderenza che offrono.

Qualora non si riesca ad evitare la collocazione di un'ispezione su una pista ciclabile la soluzione migliore è quella dei chiusini rivestibili superiormente con la stessa pavimentazione della pista. Occorre in ogni caso evitare superfici metalliche con scolpitura di profondità inferiore a 3 mm. Nel caso delle griglie l'asse delle fessure dovrà sempre risultare ortogonale a quello della pista sia per evitare il cosiddetto effetto "binario" sia per migliorare l'aderenza complessiva.

Chiusini e griglie devono avere il telaio orientato secondo l'asse del percorso mentre gli elementi lineari del disegno superficiale, quali griglie o fessure, devono essere disposte ortogonalmente a tale asse allo scopo di scongiurare il c.d. effetto "binario".

Va infine posta particolare attenzione ad evitare dispositivi di coronamento (griglie o chiusini) che possano essere asportati per atti vandalici o per guasti lasciando scoperti pozzetti o canaline in posizioni che risulterebbero estremamente pericolose per l'utenza ciclistica. Le opere di drenaggio sono di seguito distinte in caditoie, allacciamenti, condotti sussidiari di drenaggio così definiti: "Caditoie a biscotto" o "a bocca di lupo": opere che servono a raccogliere e smaltire l'acqua piovana che cade sulla superficie stradale. "Allacciamenti": sistema di connessione diretto tra caditoie a biscotto o bocca di lupo e ricettore.

"Condotti di drenaggio": condotto sussidiario di raccolta delle acque di piattaforma stradale e riconsegna unitaria al ricettore.

Le caditoie a biscotto o bocca di lupo sono pozzetti costituiti da pezzi speciali intercambiabili di cemento armato prefabbricato con griglia o coperchio in ghisa sferoidale conforme alle norme UNI 4544-74 del tipo GS 500-7 a norma ISO 1083 conforme alla classe D400 della norma UNI EN 124 con carico di rottura > 400 kN per la posa in sede di carreggiata su telaio in ghisa sferoidale (C 250 per la posa in sede di marciapiede).

Il dimensionamento e le caratteristiche dei chiusini dovranno rispondere alle prescrizioni della norma UNI EN 124. Il chiusino a caditoia per carreggiata avrà luce netta dei vari elementi di 450 mm.

Il collegamento "diretto" prevede: caditoia, pozzetto in cemento prefabbricato tipo Milano, sifone mortara d = 0,16 m in gres, tubazione d = 0,16 m in gres, PVC sere pesante o pead da collegare allo sghembo d = 0,20 m della tubazione fognaria più vicina e dei condotti di drenaggio. I giunti di collegamento dei singoli elementi prefabbricati dovranno essere perfettamente sigillati con malta cementizia o saldati/"manicottati" per i pezzi speciali in polietilene.

I pozzetti stradali saranno posti in opera su sottofondo in cls; la superficie del sottofondo dovrà essere perfettamente orizzontale ed a quota idonea a garantire l'esatta collocazione altimetrica del manufatto rispetto alla pavimentazione stradale.

Il collegamento "indiretto" prevede, oltre a quanto indicato sopra, la formazione di una rete sussidiaria in tubazioni di gres, pvc, pead o (per diametri superiori a 40 cm) calcestruzzo armato centrifugato con pozzetti

d'ispezione in c.a. di dimensioni interne 1.00 x 1.00 prefabbricati ad anelli con chiusino in g.s. del tipo GS 500-7 a norma ISO 1083 con coperchio circolare luce netta passo d'uomo mm 600, posti ad una distanza opportuna, le cui altezze, in alcuni casi, potranno essere condizionate dalle strutture dei manufatti sotterranei. Si dovranno adottare tubazione in pead corrugato per diametri sino a 400 mm compreso ed in c.a.n. a compressione radicale per fognature per i diametri superiori (si veda il paragrafo "tubi prefabbricati in conglomerato semplice o armato per le relative prescrizioni).

Per la posa dei condotti l'appaltatore dovrà realizzare un letto di posa in sabbia con uno spessore pari ad almeno 2 volte l'altezza di parete del tubo ad fine di evitare che la sommità della costola vada a poggiare su terreno non idoneo. Il riempimento dovrà essere con compattazione per strati successivi di 30 cm di sabbia sino ad almeno 1 m di copertura sull'estradosso superiore del tubo. Il collaudo idraulico sulla tenuta delle condotte installate dovrà essere eseguito con la chiusura con tappi amovibili di tratti di condotta sottoposti successivamente a pressione statica applicata con piezometro o con pompa da collaudo a 0.50 bar o maggiore.

Sono a carico dell'Appaltatore i disegni di rilievo delle pozzettature eseguite e comprenderanno una o più planimetrie in scala 1:200 ricavate da uno stralcio della cartografia in uso su di esse dovranno essere indicati:

- il tracciato del condotto posato, quotato planimetricamente;
- la denominazione delle strade nelle quali il condotto è stato posato;
- la sezione del medesimo;
- le camerette di ispezione, quotate planimetricamente;
- il senso e il valore della pendenza;
- gli sghebbi di immissione, quotati planimetricamente;
- la distanza del condotto dal filo dei fabbricati o dai punti fissi in modo da potere essere individuato anche con eventuali cambiamenti di direzione;
- i condotti preesistenti che fossero eventualmente demoliti, opportunamente evidenziati;

Per tutte le opere inerenti alla pozzettatura stradale non descritte nel presente capitolato tecnico dovranno essere osservate le prescrizioni esecutive contenute nelle Norme Tecniche del Comune di riferimento.

1.4.5. TUBI IN P.V.C. RIGIDO

I tubi in policloruro di vinile con giunti a bicchiere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma, saranno posti in opera previa regolarizzazione del fondo dello scavo per dare le pendenze volute su letto di calcestruzzo magro e di altro materiale inerte (sabbia o ghiaietto) secondo le prescrizioni impartite dalla Direzione Lavori.

Su ogni singolo tubo dovrà essere impresso, in modo evidente, leggibile ed indelebile, il nominativo del produttore, il diametro esterno, l'indicazione del tipo e la pressione di esercizio.

La Direzione Lavori potrà prelevare campioni di tubo ed inviarli a cura e spese dell'Impresa ad un laboratorio specializzato per essere sottoposti alle prove prescritte dalle norme di unificazione; qualora i risultati non fossero rispondenti a dette norme, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, alla sostituzione dei materiali non idonei.

In ogni caso le tubazioni ed i pezzi speciali impiegati per uso stradale per le rispettive classi, dovranno essere rispondenti alla normativa UNI 7447-75 ovvero alle vigenti norme ISO o DIN.

1.4.6. TUBAZIONI IN POLIETILENE AD ALTA DENSITÀ (PEAD)

Le tubazioni in pead corrugato dovranno essere conformi alle norme Din 16961, 16566, ISO EN 9969, CEN/TC 155 WI 051: 052:053, ASTM F892-84.

Le tubazioni in polietilene ad alta densità saranno costituite per avvolgimento a spirale su un mandrino profilato in pe estruso, dovranno essere o con doppio manicotto e guarnizione (conforme alle norme CEN) o con saldatura di testa.

Le tubazioni, corrugate esternamente e con parete interna liscia, dovranno avere classe di rigidità anulare SN = 4 kN/mq rilevata su campioni di prodotto secondo EN ISO 9969. Dovranno presentare delle predisposizioni per nuovi allacciamenti ogni 10 m alternativamente in destra e sinistra a 45° nel terzo superiore.

Le tubazioni dovranno essere marcate (stampata sul tubo oppure applicata con etichette conformi al tipo a "durevole anche durante l'utilizzo") secondo le prescrizioni della CEN - tabella 25, sono: numero del documento normativo e data di edizione, nome e simbolo del produttore, classe di rigidità (indicata con SN), materiale (PE), tipo di struttura del tubo, codice dell'area di applicazione (U per applicazione all'esterno degli edifici), informazioni generali (mese, anno di produzione e stabilimento di produzione), marchio di approvazione.

Sono previsti i collegamenti delle tubazioni ai pozzetti in PEAD con ingresso in 800 mm e DN1000mm.

1.4.7. TUBAZIONI ED ALTRI PRODOTTI IN GRES CERAMICO

I tubi di gres devono essere di puro gres ceramico, a struttura omogenea, smaltati esternamente ed internamente con smalto vetroso. Lo smalto deve risultare perfettamente liscio, specialmente all'interno, di durezza non inferiore a quella dell'acciaio ed inattaccabile dagli alcali e dagli acidi concentrati, ad eccezione soltanto del fluoridrico. I tubi devono essere privi di screpolature, non deformati, cilindrici e dritti, tollerandosi solo eccezionalmente nel senso della lunghezza.

I tubi per condotti interrati per fognatura, le curve aperte e chiuse, i sifoni devono essere realizzati con gres ceramico verniciati all'interno ed all'esterno a norma UNI EN 295 parti 14243. Per i diametri da DN 150 a 1400 giunto tipo C a bicchiere, con guarnizioni elastiche di poliuretano applicate sulla punta e nel bicchiere, atti a garantire la tenuta idraulica indicata dalla norma UNI EN 295-1, punto 3.2. Per i diametri DN 100 e 125 giunto tipo F.

Le braghe semplici e a squadra in gres ceramico verniciate all'interno ed all'esterno a norma UNI EN 295 parti 14243. Giunti sistema C/C o C/F

I tubi dovranno essere posati da valle verso monte e con il bicchiere orientato in senso contrario alla direzione del flusso, avendo cura che all'interno non penetrino detriti o materie estranee o venga danneggiata la superficie interna della condotta, delle testate, dei rivestimenti protettivi o delle guarnizioni di tenuta.

Per il collegamento delle tubazioni, è obbligatorio l'impiego di un'apparecchiatura tiratubi a funzionamento idraulico, con forza di tiro adeguata al peso delle tubazioni da posare, mentre per la corretta esecuzione delle livellette di posa, secondo i dati progettuali, è obbligatorio l'uso costante di apparecchiatura a raggio laser, corredata di indicatori di pendenza, di dispositivo elettronico di autolivellamento, di spostamento della direzione destra/sinistra, di inclinazione laterale, di spia batteria, munita di livello a bolla d'aria e protetta contro l'inversione della polarità.

Prima di procedere alla loro posa in opera, i tubi dovranno essere controllati per rilevare eventuali rotture dovute a precedenti errate manipolazioni (trasporto, scarico, sfilamento).

Dovranno essere calati nello scavo con attenzione e, per i tubi in gres, si dovrà avere cura che il segno di riferimento sia rivolto verso l'alto in modo da assicurare l'allineamento della base di scorrimento della tubazione.

Inoltre, nei tubi in gres, occorrerà lubrificare la femmina della giunzione e la punta senza usare oli minerali, con un qualsiasi sapone liquido, infilare la punta nel bicchiere e spingere sino a battuta.

I tubi di gres dovranno essere posti in opera su fondo in calcestruzzo; il fondo dei tubi dovrà essere disposto secondo le livellette prescritte.

La tubazione verrà poi ricalzata lateralmente con calcestruzzo o sabbia vagliata, dal piano d'appoggio fino alla generatrice superiore, dopo di che si passerà al rinterro. Il rinterro si farà dapprima con sabbia; dopo dovranno essere impiegate o mista di ghiaia e sabbia, o misto granulare stabilizzato steso a strati battuti ed inaffiati a regola d'arte.

Qualora si procedesse al rinterro di una condotta senza il preventivo assenso della Direzione Lavori, l'Appaltatore sarà tenuto a scoprirla onde permettere le necessarie verifiche.

Durante la posa del condotto, dovranno porsi in opera i pezzi speciali a perfetta giunzione coi pezzi normali.

Le tubazioni di gres per l'allacciamento delle condotte private e dei pozzetti stradali, verranno posate evitando i gomiti, i bruschi risvolti e i cambiamenti di sezione. All'occorrenza, dovranno adottarsi i pezzi speciali di raccordo e riduzione. Si avrà cura di mantenere chiuso l'ultimo tubo messo in opera, mediante un tappo, per impedire l'introduzione di corpi estranei nella condotta. Degli eventuali cedimenti e rotture che si dovessero verificare entro un anno dalla costruzione, sarà tenuto responsabile l'Appaltatore che è obbligato al rifacimento dell'opera ed al risarcimento dei danni.

1.4.8. POZZETTI IN ELEMENTI PREFABBRICATI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO

I pozzetti in cls. dovranno essere conformi ai tipi corrispondenti citati nel Prezzario regionale, dovranno altresì essere confezionati a regola d'arte sia per quanto riguarda i materiali componenti (ferri di armatura compresi) che le opportune lavorazioni. I pozzetti dovranno essere tali che il pezzo costituente l'anello aperto appoggiato su uno dei due lati liberi non dovrà rompersi sotto l'azione di un carico concentrato di Kg. 200 applicato progressivamente sull'altro lato libero nel punto di incontro delle sue diagonali. Inoltre sono a carico dell'appaltatore ogni onere relativo e prestazioni di manodopera, opere provvisorie, di protezione, attrezzi, e quanto necessario alla precisa e corretta esecuzione dei lavori di posa in opera a perfetta regola d'arte. L'opera comprende l'esecuzione del piano di posa in calcestruzzo dello spessore minimo di 20 cm. e ove necessarie le sigillature cementizie, lisciature, riprese, ecc. per rendere sempre perfettamente funzionante il manufatto posato.

E' da escludersi il getto in opera del fondo del pozzetto; dovrà invece sempre essere impiegato l'anello con fondo previsto nelle voci del Prezzario regionale.

La Direzione Lavori potrà fare eseguire sempre, a spese dell'appaltatore, tutte le prove che riterrà opportune e necessarie per stabilire il grado di solidità dei pezzi che vengono forniti così come le prove in opera atte a verificare la bontà della messa in opera dei manufatti.

Per i pozzetti stradali di raccolta delle acque meteoriche, è in ogni caso da escludersi l'utilizzo di manufatti prefabbricati monoblocco ma dovrà essere utilizzato un sifone esterno al manufatto stesso, quest'ultimo normalmente in gres allo scopo di fornire un'adeguata resistenza nel corso degli interventi di spurgo impieganti acqua ad alta pressione.

I pozzetti di raccolta delle acque meteoriche dovranno normalmente essere composti da un anello di fondo e due anelli di prolunga.

1.5. CHIUSINI, GRIGLIE E ALTRI DISPOSITIVI DI CORONAMENTO IN GHISA

In campo stradale è ammesso l'utilizzo della ghisa grigia o lamellare (norma di riferimento UNI EN 1561) ovvero della ghisa sferoidale (norma di riferimento UNI EN 1563).

I Chiusini e le griglie e i dispositivi di coronamento in genere, in ghisa grigia o in ghisa sferoidale dovranno essere realizzate secondo la norma UNI EN 124 secondo le diverse classi di impiego.

In particolare in carreggiata e in banchina occorrerà normalmente impiegare chiusini e griglie del tipo D400 certificate per traffico intenso, fatta salva la possibilità del progettista o del DL di prescrivere, nei casi in cui si prevedano sollecitazioni da traffico pesante particolarmente intense e frequenti, classi superiori, previa approvazione di prezzo aggiunto o di nuovo prezzo.

Nei marciapiedi, nelle piste ciclabili in sede protetta, e in tutti gli spazi pubblici pavimentati nei quali sia possibile la presenza, anche occasionale di veicoli a motore occorrerà impiegare elementi della classe C250 (carico di rottura 250 KN pari a 25 T).

Nei marciapiedi e nei percorsi ciclabili saranno da preferirsi, nelle ristrutturazioni, nelle nuove costruzioni e ogniqualvolta possibile, i chiusini cosiddetti "pavimentabili" altrimenti detti "sigilli" o "chiusini a riempimento". In quanto garantiscono la continuità della pavimentazione e quindi, al di là delle considerazioni estetiche, mantengono costanti proprietà essenziali per la sicurezza e il confort come l'aderenza.

Tutti i chiusini e le griglie, anche su carreggiata, dovranno comunque garantire, sia in carreggiata sia su piste ciclabili o marciapiedi, aderenza non inferiore a 0,40 sia nell'accoppiamento cuoio-pavimentazione asciutta sia

in quello gomma-pavimentazione bagnata, valori da misurarsi secondo il metodo della British Ceramic Research Association.

L'installazione dei chiusini e delle griglie dovrà essere effettuata secondo quanto previsto dal Rapporto Tecnico UNI/TR 11256.

Le opere per la posa in opera di griglie e chiusini in ghisa constano in particolare nella formazione del piano di posa con idonea malta cementizia, la posa del telaio, del relativo coperchio, provvedendo a cura e spese dell'Appaltatore agli sbarramenti e alla messa in opera della segnaletica necessaria prescritta dalle normative sulla sicurezza e dal Nuovo Codice della Strada. L'opera comprende altresì, ove necessarie, le sigillature cementizie, lisciature, riprese, ecc. per rendere sempre perfettamente funzionante il manufatto posato.

Le operazioni di cui al presente paragrafo seguono inoltre rigorosamente le particolari specifiche di posa fornite dal costruttore assieme alla scheda tecnica che l'appaltatore consegnerà alla Direzione Lavori preventivamente all'accettazione del materiale e, per quanto non contenuto in tali norme, dal Rapporto Tecnico UNI/TR 11256.

I chiusini e le griglie dovranno recare, come previsto dalla norma EN 124 al par. 9, oltre al marchio di riferimento alla norma stessa, anche le seguenti informazioni:

La classe di resistenza

l'identificazione del fabbricante e del luogo di produzione.

Il marchio dell'ente di certificazione che ha attestato la conformità del prodotto alla norma EN 124

I chiusini per i pozzetti destinati all'illuminazione pubblica dovranno riportare la scritta "IP" e quelli relativi agli impianti semaforici la scritta SEM.

Il produttore dei chiusini dovrà essere certificato in qualità secondo la norma ISO 9001. In particolare la ditta prescelta dovrà prevedere, ai sensi della norma citata, una procedura per l'intervento del produttore successivamente all'installazione del prodotto su richiesta del committente e/o dell'impresa esecutrice in caso di malfunzionamento allo scopo di fornire assistenza tecnica per accertare le cause dello stesso (difetto di costruzione e/o di installazione).

1.6. MARCIAPIEDI E PERCORSI PEDONALI IN GENERE

1.6.1. 1GENERALITÀ

A norma del Codice della Strada (art. 3.33) il marciapiedi è la parte della strada, esterna alla carreggiata (cioè alla parte della strada destinata allo scorrimento dei veicoli) rialzata o altrimenti delimitata e protetta, destinata ai pedoni

Un marciapiedi si distingue pertanto da un'"area pedonale" (art. 3.3) che non è "parte" di una strada ma una "zona", vale a dire una strada completa o un insieme di strade. Se, invece ad uno spazio pedonale risulta affiancata una carreggiata, lo spazio pedonale è un marciapiedi e non una zona pedonale.

Questa distinzione è importante perché nelle zone pedonali possono essere ammesse alcune categorie di veicoli (in particolare i ciclisti, e i veicoli a zero emissioni, le ambulanze ecc.) mentre i marciapiedi sono sempre di uso esclusivo.

D'altra parte va considerato che sono pedoni anche coloro che trasportano oggetti a mano o con carrelli, che spingono a mano biciclette, i disabili su carrozzella, anche elettrica. Tutto questo va considerato per un corretto dimensionamento dei marciapiedi.

Lo spazio del marciapiede comprende una fascia di transito e fasce laterali normalmente escluse al transito destinate alla posa di oggetti ed impianti diversi (impianti di illuminazione, alberi, cestini portarifiuti, depositi di biciclette, ecc.).

Normalmente si considerano escluse al transito una fascia di non inferiore a 75 cm verso la carreggiata e una fascia non inferiore 25 cm verso il confine fondiario. La fascia esterna, in funzione della sua larghezza, è normalmente destinata ad ospitare la segnaletica fissa e variabile, i lampioni, i pali porta tiranti delle linee di alimentazione aerea di tram e filobus, i cestini portarifiuti, installazioni pubblicitarie, panchine Cestini portarifiuti

ed arredi di qualunque tipo, posteggi per le biciclette, aiuole e alberature, rampe di passi carrai e scivoli in corrispondenza di attraversamenti pedonali, chioschi, dehor, occupazioni di suolo e qualunque altro tipo di ostacolo fisso. Ove non sia possibile realizzare questa fascia attrezzata, le installazioni essenziali per il funzionamento della strada o, comunque non eliminabili, come segnaletica, lampioni, porta tiranti, possono essere addossati o agganciati ai muri degli edifici finitimi, alle recinzioni o, comunque, in aderenza al confine dell'area fondiaria. ad una altezza minima di metri 2,20.

La larghezza della fascia di transito deve essere normalmente maggiore o uguale a metri 1,50, larghezza che consente l'agevole incrocio di due pedoni e l'inversione di marcia alle carrozzelle per disabili. Tale larghezza è riducibile a metri 0,90 in corrispondenza di ingombri di tipo puntuale (a.e pali).

La pendenza trasversale del marciapiede deve essere, in base alla normativa nazionale sulle barriere architettoniche, non superiore

all'1%. L'altezza massima del cordolo di delimitazione del marciapiede verso la carreggiata stradale deve essere non superiore a 15 centimetri per evitare di risultare pericolosa per i pedoni.

I marciapiedi devono consentire l'agevole transito di persone con ridotte o impedito capacità motorie. Tale definizione comprende non solo i soggetti disabili, permanenti o temporanei ma anche, ad esempio, bambini, anziani, pedoni che trasportano a mano oggetti ingombranti ecc.

I marciapiedi servono inoltre a garantire la visibilità in corrispondenza dei passi carrai. Svolgono inoltre, soprattutto per le strade maggiormente trafficate, funzione di filtro ambientale e paesaggistico tra funzioni insediate e traffico motorizzato. A quest'ultimo scopo i marciapiedi delle strade maggiori sono spesso integrati con fasce a verde e alberature.

La larghezza dei marciapiedi deve tenero conto, oltre che delle esigenze sopra descritte, dei flussi pedonali prevedibili. e dell' traffico gravante sulla strada, della densità abitativa, della densità di attività commerciali, del numero e della frequenza di passaggi nei passi carrai.

Nella città di Milano e in molte altre città del mondo sono adottate da circa 150 anni, cioè da quando si è generalizzato l'uso dei marciapiedi rialzati, le larghezze standard di 225, 300 e 400 cm.

La superficie delle zone di transito dei marciapiedi deve essere antisdrucciolevole, regolare, compatta e costituita da un materiale diverso da quello usato per la carreggiata. Per pavimentazione antisdrucciolevole si intende una pavimentazione realizzata con materiali il cui coefficiente di attrito, misurato secondo il metodo della British Ceramic Research Association Ltd. (B.C.R.A.) Rep. CEC.6/81, sia superiore ai seguenti valori:

- 0.40 per elemento scivolante cuoio su pavimentazione asciutta;

- 0.40 per elemento scivolante gomma dura standard su pavimentazione bagnata.

I valori di attrito predetto non devono essere modificati dall'apposizione di strati di finitura lucidanti o di protezione che, se previsti, devono essere applicati sui materiali stessi prima della prova. Le ipotesi di condizione della pavimentazione (asciutta o bagnata) debbono essere assunte in base alle condizioni normali del luogo ova sia posta in opera.

Gli strati di supporto della pavimentazione devono essere idonei a sopportare nel tempo la pavimentazione ed i sovraccarichi previsti nonché ad assicurare il bloccaggio duraturo degli elementi costituenti la pavimentazione stessa.

Ai fini del requisito di regolarità gli elementi costituenti una pavimentazione devono presentare giunture inferiori a 5 mm, stilate con materiali durevoli, essere piani con eventuali risalti di spessore non superiore a mm 2.

Ai fini del requisito di compattezza si richiede che la pavimentazione delle zone di transito sia costituita da materiali legati con bitumi, calcestruzzi o resine (pavimentazioni continue) ovvero con materiali lapidei o cementizi legati o autobloccanti (pavimentazioni discontinue). Per i marciapiedi e le piste ciclabili affiancate alle carreggiate stradali sono pertanto escluse pavimentazioni (come lo sterrato, il macadam, il pietrisco sciolto) che possano rilasciare materiale che, trasportato dai veicoli o dagli agenti atmosferici potrebbe riversarsi in carreggiata pregiudicandone l'aderenza della pavimentazione e quindi la sicurezza. Per i percorsi realizzati con pavimentazioni in materiali non legati l'immissione nelle carreggiate o nei marciapiedi dovrà avvenire con un tratto in pavimentazione dura lungo almeno 30 m.

I grigliati inseriti nella pavimentazione devono essere realizzati con maglie non attraversabili da una sfera di 2 cm di diametro; i grigliati ed elementi paralleli devono comunque essere posti con gli elementi ortogonali al verso di marcia. Ressi devono a loro volta rispettare i limiti di aderenza sopra determinati per le pavimentazioni.

La pavimentazione delle fasce dei marciapiedi non destinate al transito può essere diversa da quella delle fasce di transito e può essere irregolare. Le fasce non destinate al transito possono altresì essere sistemate a verde.

Lungo i marciapiedi (ma in generale anche in altri spazi pubblici come parcheggi e piazze) si devono prevedere linee di guida sfruttando situazioni ed elementi contingenti facilmente percepibili che possano indicare la direzione (facciata frontale di edifici, bordi, ringhiere, aiuole).

In corrispondenza delle fermate dei veicoli di trasporto urbano di superficie (tram, autobus) normalmente l'altezza del marciapiede in corrispondenza del margine verso piattaforma stradale viene innalzato a 22 cm per diminuire il dislivello con il piano di utilizzazione del veicolo (o annullarlo, nel caso di veicoli già a piano ribassati).

Per garantire una migliore accessibilità e livello di servizio dei mezzi pubblici le banchine di fermata, vengono normalmente inserite come allargamento del marciapiedi a interruzione delle fasce laterali di sosta.

Il materiale tipicamente utilizzato per la pavimentazione dei marciapiedi è l'asfalto colato su massello di cls. Altri materiali ammissibili: pavimentazione continua in cemento liscio su massetto in cls, masselli autobloccanti, lastricato in pietra, porfido a cubetti, laterizi pieni, lastricati in pietra o porfido a cubetti montati a maglia larga per permettere la crescita dell'erba. I cordoli in ambito urbano sono di granito.

La larghezza dei marciapiedi non deve normalmente essere inferiore a 225 cm allo scopo di consentire il corretto inserimento di palificazioni, passi carrai e dispositivi per il superamento delle barriere architettoniche.

La larghezza dei marciapiedi va comunque dimensionata, come previsto dalle norme vigenti, in relazione ai flussi pedonali prevedibili, alla presenza di esercizi commerciali (sosta di fronte alle vetrine, tavolini ecc), servizi pubblici (in particolare scuole), chioschi, edicole ecc.

Al fine di agevolare la circolazione dei soggetti anche temporaneamente a mobilità limitata, qualunque punto dovrà essere garantita una larghezza minima percorribile pari a 150 cm, riducibile a 90 cm in casi particolari. Qualsiasi cambio di direzione dovrà avvenire in piano; dove sia indispensabile effettuare svolte ortogonali al senso di marcia, come in corrispondenza degli attraversamenti occorrerà disporre di una zona in piano e libera da ostacoli lunga almeno 170 cm e larga almeno 100 cm.

La pendenza trasversale (in direzione ortogonale alla direzione di percorrenza da parte degli utenti non deve normalmente superare l'1%. La pendenza in senso longitudinale (parallela alla direzione di percorrenza) non deve normalmente superare il 5%, salvo il caso degli scivoli per il superamento di piccoli dislivelli (cordoli, soglie) fino ad un massimo di 15 cm, nei quali la pendenza può arrivare al 15%. La differenza di quote lungo i percorsi e gli attraversamenti pedonali superabile senza ricorso a rampe o scivoli non potrà superare i 25 mm; il gradino in questione dovrà essere arrotondato o smussato.

Il dislivello tra marciapiede e zone carrabili ad esso adiacenti, misurato al cordolo, non può superare i 15 cm. Per dislivelli maggiori è necessario proteggere il salto con transenne, parapetti o analogo dispositivo. Ciò fatto salvo il caso sopra citato delle fermate del trasporto pubblico di superficie.

Gli attraversamenti pedonali soggiacciono alle stesse norme geometriche dei percorsi pedonali di cui fanno parte.

Nelle strade a traffico particolarmente intenso o con più di due corsie per senso di marcia occorre normalmente predisporre un'isola salvagente larga almeno 150 cm (valore da aumentarsi a 200 cm quando non sia da escludersi la presenza anche occasionale di biciclette). In corrispondenza dell'attraversamento l'isola si interrompe con un varco largo quanto la larghezza prevista per l'attraversamento in funzione dei flussi pedonali previsti e comunque non inferiore a 250 cm salvo documentata carenza di spazi.

1.6.2. MASSETTO DI SOTTOFONDO PER MARCIAPIEDI

Il calcestruzzo di cemento da utilizzare per realizzare il sottofondo dei marciapiedi in asfalto colato o in conglomerato bituminoso, dovrà essere dello spessore di cm 12, con dosaggio di cemento a ql. 1,5 (R=325);

all'occorrenza in fase di progetto o di Direzione lavori si potrà prevedere l'inserimento di rete elettrosaldata a maglie quadre lato cm. 15 e diametro 6 mm.

Al calcestruzzo verrà dato di regola, salvo diverse particolari indicazioni, profilo a falda piana con pendenza costante del 1% verso la cordatura.

Il piano di posa sarà, prima, accuratamente inaffiato e costipato con mezzi idonei e livellato, dichiarandosi l'Appaltatore responsabile di tutti i cedimenti che, per insufficiente costipamento del suolo e per altre cause qualsiasi dipendenti dall'esecuzione delle opere, avesse a manifestarsi nella pavimentazione.

Il calcestruzzo per la formazione della fondazione dovrà essere di volta in volta impastato con apposita macchina impastatrice nella sola quantità che può essere subito messa in opera.

Il calcestruzzo dovrà essere battuto, livellato e frattazzato in modo da risultare ben costipato e, con una superficie perfettamente parallela a quella prevista per il manto in colato.

Per difendere il calcestruzzo appena posato dai passaggi dei pedoni, l'Appaltatore dovrà provvedere a sue cure e spese alle apposite protezioni ed ai panconi per mantenere l'accesso alle proprietà private ed ai negozi, così come alla segnalazione dei manufatti sporgenti (chiusini o altro) che potessero creare pericolo e inciampo per la circolazione.

1.6.3. MANTO IN ASFALTO COLATO PER MARCIAPIEDI

Lo strato superficiale dei marciapiedi può essere costituito d'asfalto colato dello spessore di 20 mm.

Prima di procedere alla stessa dell'asfalto colato il sottofondo in calcestruzzo dovrà essere ricoperto da un leggero strato di buona sabbia per agevolare la rimozione e lo smaltimento separato dal calcestruzzo al termine della vita operativa.

1.6.3.1. Aggregati

L'aggregato grosso sarà formato da graniglia, derivante da frantumazione di rocce o ghiaie sane, o da ghiaio tondo che di cava o di fiume dovranno avere granulometria compresa tra i 2 mm e 10 mm. La D.L. potrà a proprio giudizio non vietare l'utilizzo di materiali troppo ricchi di pezzi lamellari o eccessivamente allungati. La graniglia ed il ghiaietto dovranno essere privi di elementi decomposti od alterati e risultare puliti, esenti di polvere, argilla, terriccio, materie organiche o altri elementi estranei.

L'aggregato fino dovrà essere formato da sabbie silicee, vive ed aspre al tatto, pulite, passanti al setaccio 2 mm ed esenti da polvere, argilla, terriccio ed altre materiali estranei.

Gli elementi potranno anche essere di provenienza, o natura petrografica diversa, purché rispettino i requisiti riportati in Tab.23.1 e Tab.23.2.

Il filler dovrà provenire dalla frazione fina degli aggregati e/o da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, da calce idrata, calce idraulica. Inoltre, il filler dovrà rispettare i requisiti riportati nella Tab.23.3.

Gli aggregati utilizzati dovranno essere conformi ai requisiti previsti alla norma UNI EN 13043 (Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico).

Parametro/Caratteristica	Norma per esecuzione prova	Limite	Unità di misura	Sigla
Contenuto dei fini (passante al setaccio 0.063 mm)	EN 933-1	≤ 1	%	f1
Resistenza alla frantumazione	EN 1097-2	≤ 20	%	LA20
Dimensione massima	EN 13043	12.5	mm	D

Tab. 23.1 – AGGREGATO GROSSO (trattenuto al setaccio 4 mm)

Parametro/Caratteristica	Norma per esecuzione prova	Limite	Unità di misura	Sigla
Equivalente in sabbia	CNR 27-72	≥ 55	%	
Contenuto dei fini (passante al setaccio 0.063 mm)	EN 933-1	≤ 3	%	f3

Tab. 23.2 – AGGREGATO FINO (passante al setaccio 2 mm)

Parametro/Caratteristica	Norma per esecuzione prova	Limite	Unità di misura
Passante a setaccio 2 mm	EN 933-10	100	%
Passante al setaccio 0.125 mm		85-100	
Passante al setaccio 0.063 mm		70-100	
Indice di Plastico	CNR-UNI 10043	NP	

Tab. 23.3 – FILLER

1.6.3.2. bitume

Il bitume utilizzato potrà avere gradazione 30/45, 35/50 oppure 40/60. Le relative caratteristiche sono riportate in Tab. 23.4.

Parametro/Caratteristica	Norma per esecuzione prova	Bitume 30/45	Bitume 35/50	Bitume 40/60	Unità di misura
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	30-45	35-50	40-60	dmm
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	52-60		46-54	°C
Punto di Rottura – Fraass	UNI EN 12593	≤ - 5	≤ - 8	≤ - 8	°C
Stabilità allo stoccaggio a 3 gg a 180 °C: Variazione punto rammollimento	UNI EN 13399	≤ 3	≤ 3	≤ 3	°C
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13702-1	≥ 0.1	≥ 0.1	≥ 0.1	Pa*s
Valori dopo RTFOT					
Penetrazione residua	UNI EN 1426	≥ 53	≥ 53	≥ 50	%
Incremento punto rammollimento	UNI EN 1427	≤ 11	≤ 11	≤ 11	°C

Tab.18.4 – BITUMI NORMALI 30-45, 35-50 E 40-60

1.6.3.3. Miscela

La miscela bituminosa dovrà essere conforme a quanto riportato nella norma UNI EN 13108-6 (Miscela bituminosa; Specifiche del materiale – Parte 6: Asfalto Colato) e conseguentemente i Documenti di Trasporto (D.D.T.) dovranno essere corredati di relativo Marchio CE.

La composizione granulometrica dovrà essere preferibilmente progettata utilizzando “setacci base più il gruppo 2” (UNI EN 13043). La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di base dovrà avere una

composizione granulometrica (UNI EN 933-1: Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati; Determinazione della distribuzione granulometrica – Analisi granulometrica per stacciatura) contenuta nel seguente fuso (Tab.23.2):

Setacci UNI EN	Fuso Minimo	Fuso Massimo
12.5	100	100
10	75	100
8	70	95
6.3	65	90
4	59	78
2	50	65
1	43	58
0.5	35	50
0.25	30	42
0.125	25	35
0.063	20	28

* setaccio di riferimento secondo UNI EN 13108

Tab. 18.5 – FUSO GRANULOMETRICO

Le caratteristiche finali dell'asfalto colato dovranno essere (in conformità alla norma UNI EN 13108-6) le seguenti:

Temperatura [T] della miscela (UNI EN 12697-13: Miscele bituminose; Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo – Misurazione della temperatura):

In impianto $210\text{ °C} \geq T_{imp} \geq 240\text{ °C}$ In situ $T_{situ} \geq 200\text{ °C}$

Contenuto minimo del legante solubile [Bmin] (UNI EN 12697-1: Miscele bituminose; Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo – Parte 6: Asfalto Colato):

$B_{min} = 7.5\%$ (identificato con $B_{min7.5}$)

In particolare la percentuale è riferita al peso di volume della miscela e deve essere corretta moltiplicando il valore B_{min} per il parametro " $= 2.650/\text{densità aggregato}$ " (secondo norma UNI EN 13108-7).

Rispetto al peso degli inerti secchi, tale limite corrisponde indicativamente a $B_{inerti} \geq 8,0\%$.

1.6.3.4. Produzione e posa in opera d'asfalto colato

La fusione, o preparazione del mastice, e la miscela dei vari componenti per la formazione del colato si dovranno eseguire a mezzo di caldaia munita di adatti mescolatori meccanici di tipo approvato dalla D.L. per la produzione di una miscela omogenea.

Gli impasti dovranno essere eseguiti a temperatura compresa tra 210 °C e 240 °C . La durata del riscaldamento e della mescolazione non dovrà essere inferiore alle 5 ore, a meno che non si provveda al preriscaldamento degli aggregati mediante essiccatore a tamburo.

Il trasporto al cantiere di applicazione si dovrà eseguire con le apposite bonze munite di mescolatore meccanico.

Lo strato di asfalto sarà steso ad una temperatura di almeno 180 °C in un unico strato, a mezzo delle apposite spatole di legno. L'asfalto colato dopo la stesa e il raffreddamento dovrà avere un peso per unità di volume non inferiore a $2,3\text{ t/mc}$ e presentare alla prova di rammollimento un risultato compreso tra i 72 e gli 85 °C .

L'intera superficie del manto, immediatamente dopo la stesa, dovrà essere ricoperta di graniglia fine, perfettamente pulita e lavata, e con curva granulometrica compresa tra 1 e 3 mm .

A protezione dell'asfalto colato appena posato, l'Appaltatore dovrà provvedere, a sue cure e spese, all'installazione delle protezioni, ed ai panconi, per consentire il passaggio dei pedoni ai diversi accessi.

1.7. PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

1.7.1. BASE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE CON BITUME NORMALE

1.7.1.1. descrizione

Lo strato di base in conglomerato bituminoso tradizionale con bitume normale è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 “Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico”), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali”), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, combinati e metallici vibranti di idoneo peso. La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 “Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero”.

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Il conglomerato bituminoso in opera dovrà conferire una resistenza meccanica alla sovrastruttura tale da garantire capacità portante senza deformazioni permanenti e adeguata flessibilità nell'adattamento ad eventuali assestamenti del sottofondo, anche a medio- lungo termine. Lo spessore dello strato di base è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.1.2. materiali costituenti

Legante

Il bitume totale presente nella miscela sarà formato da quello contenuto nel fresato e quello di apporto. Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali” con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nell'appendice NA.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti

da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumate e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{max}	8÷25 (Δ _{max} 8/25)

13.1.2.4 Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%.

Per lo strato di base può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di base, binder e usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.1.3. additivi

Aggiunti agli aggregati o al bitume, gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato ed eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

1.7.1.4. Miscele

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del fresato dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
31,5	100	100	≥ 3,8 (B _{min 3,8})
20	90	100	
16	60	90	
14	55	85	
12,5	50	80	
10	45	75	
8	40	70	
6,3	34	64	
4	25	55	
2	15	40	
1	11	29	
0,5	8	20	
0,25	5	15	
0,063	3	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	150
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	100
Rotazioni N3	---	160

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato – Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	0,70÷1,40
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250
Sensibilità all'acqua a 15°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)

1.7.1.5. confezionamento delle miscele

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

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

Potranno essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

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

Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui; nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato materiale fresato si potrà procedere per scarico diretto.

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

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 140°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

1.7.1.6. preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di emulsioni bituminose tipo rapida rottura e deve avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Mano d'Attacco – Emulsione cationica 55%			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	45±2 (Classe 5)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	55±2 (Classe 5)
Flussante	UNI EN 1431	%	0-3 (Classe 3)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥ 43 (Classe 6)

Il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.1.7. posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

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

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

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

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base potranno essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

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

La miscela bituminosa dello strato di base sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.1.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.1.9. accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure	Secondo tabella di riferimento

		ogni 2500 m ³ di stesa	precedente
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica ($\geq 98\%$) e secondo tabella di riferimento precedente
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = $\pm 1,5$ punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25$ punti percentuali.</p>			

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

1.7.2. BASE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME MODIFICATO

1.7.2.1. descrizione

Lo strato di base in conglomerato bituminoso modificato è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 14023 "Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti bitumi modificati con polimeri e dovranno essere modificati") previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, combinati e metallici vibranti di idoneo peso. La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Il conglomerato bituminoso modificato in opera dovrà conferire una resistenza meccanica alla sovrastruttura tale da garantire capacità portante senza deformazioni permanenti e adeguata flessibilità nell'adattamento ad eventuali assestamenti del sottofondo, anche a medio-lungo termine. Lo spessore dello strato di base è

determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.2.2. materiali costituenti

Legante

Il bitume totale presente nella miscela sarà formato da quello contenuto nel fresato e quello di apporto. Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 14023 "Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri".

In particolare, le relative caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

Bitume Modificato			Limiti e Classi (UNI EN 14023)
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	45-80 (classe 4)
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 70 (classe 4)
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 12 (classe 6)
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa·s	0,20-0,60
Ritorno elastico a 25°C, 50 mm/min	UNI EN 13398	%	≥ 80 (classe 2)
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg a 180 °C - Variazione del Punto di rammollimento	UNI EN 13399	°C	≤ 3 (classe 2)
Valori dopo RTFOI		UNI EN12607-1	
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 40 (classe 3)
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 5 (classe 2)
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,3 (classe 2)

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumate e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RA8}	8÷25 (Δ _{RA8} /25)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%.

Per lo strato di base può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di base, binder e usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.2.3. additivi

Aggiunti agli aggregati o al bitume, gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno .

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato ed eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

1.7.2.4. miscele

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del fresato dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
31,5	100	100	≥ 3,8 (B _{min 3,8})
20	90	100	
16	60	90	
14	55	85	
12,5	50	80	
10	45	75	
8	40	70	
6,3	34	64	
4	25	55	
2	15	40	
1	11	29	
0,5	8	20	
0,25	5	15	
0,063	3	10	

Riferita al peso della miscela, la percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato) deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	150
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	0,95 - 1,70
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250
Sensibilità all'acqua a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidità (UNI EN 12697-26 - Annesso C)		
T=5°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	10.000-16.000
T=20°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	4.000-7.000
T=40°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	600-1.500

1.7.2.5. confezionamento delle miscele

Il conglomerato bituminoso deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, d'idee 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 e una perfetta vagliatura che assicuri un'idee riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui; nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato materiale fresato si potrà procedere per scarico diretto.

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

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

1.7.2.6. preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di Emulsione bituminosa cationica 60% modificata. Le relative caratteristiche sono le seguenti:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.2.7. posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di produzione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci. Comunque, i mezzi dovranno essere sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e la formazione di crostoni.

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

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

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

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base potranno essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, d'idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

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

La miscela bituminosa dello strato di base sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.2.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice. La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.2.9. accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ³ di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti: <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. 2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.			

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

1.7.3. BASE A ELEVATE PRESTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON POLIMERI

1.7.3.1. descrizione

Lo strato di base a elevate prestazioni in conglomerato bituminoso con bitume normale additivato con polimeri è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN

12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali") previo preriscaldamento degli aggregati. L'aggiunta dei polimeri avviene direttamente nel mescolatore durante la produzione. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, combinati e metallici vibranti di idoneo peso. La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;

contenuto dei vuoti.

Il conglomerato bituminoso a elevate prestazioni additivato con polimeri in opera dovrà conferire una resistenza meccanica alla sovrastruttura tale da garantire capacità portante senza deformazioni permanenti e adeguata flessibilità nell'adattamento a eventuali assestamenti del sottofondo, anche a medio-lungo termine. Lo spessore dello strato di base è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e approvati dalla stessa D.L. e la loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.3.2. materiali costituenti

Legante

Il bitume totale presente nella miscela sarà formato da quello contenuto nel fresato e quello di apporto. Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali" con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nell'appendice NA.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa·s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumate e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RAB}	8÷25 (Δ _{RAB} 8/25)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%.

Per lo strato di base può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di base, binder e usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.3.3. additivi

Aggiunti agli aggregati o al bitume, gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di

qualsiasi altra natura , purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno .

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato ed eventuali variazioni di tali quantità devo essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Polimeri di additivazione

La modifica del conglomerato bituminoso con polimeri comporta l'aumento della resistenza meccanica e del modulo complesso, la diminuzione dell'accumulo delle deformazioni alla ripetizione dei carichi, determinando un miglioramento del comportamento a fatica, della tradizionale miscela prodotta con bitume normale.

Le maggiori prestazioni del conglomerato bituminoso saranno ottenute tramite la modifica della miscela con un compound composto da selezionati polimeri a basso peso molecolare e medio punto di fusione in granuli semi-morbidi e flessibili.

Polimeri per la Modifica delle Miscele Bituminose			
Parametro	Norma	Unità di Misura	Limite
Composizione			Compound plastomerico

Aspetto			Granuli di forma omogenea
Colore			Monocromatico dal grigio al nero
Odore			Appena percettibile
Dimensione granuli		mm	3,0-5,0
Melt Index a 190 °C con peso da 2,16 kg	ISO 1133-1:2011	g/10'	2-4
Ceneri a 500 °C	UNI ISO 3451-1	%	≤ 3
Su bitume normale e 6% di polimero a 5 °C, aumento del modulo complesso con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	50-60
Su bitume normale e 6% di polimero a 5 °C, riduzione dell'angolo di fase con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	25-35
Su bitume normale e 6% di polimero a 40 °C, aumento del modulo complesso con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	65-75
Su bitume normale e 6% di polimero a 40 °C, riduzione dell'angolo di fase con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	20-30

Inoltre, sarà necessario fornire alla D.L. i Test Report di controllo di produzione per ogni lotto produttivo. L'azienda fornitrice dovrà avere Certificato ISO 9001, ISO 14001 e almeno 10 anni di referenze su tale prodotto.

Il dosaggio del prodotto deve variare in funzione della modifica da effettuare e delle prestazioni meccaniche da raggiungere:

Moderata additivazione = 2 – 4 % sul peso del bitume totale;

Elevata additivazione = 4 – 6 % sul peso del bitume totale.

Il polimero dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione mediante l'uso di un impianto dosatore, garantendo così l'omogeneità del prodotto finito.

L'immissione del prodotto all'interno del mescolatore deve avvenire dopo lo scarico degli inerti e prima del bitume, il quale deve essere introdotto con un ritardo di circa 10 sec, per garantire così l'omogeneità e la dispersione.

1.7.3.4. miscele

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del fresato dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
31,5	100	100	≥ 3,8 (B _{min 3,8})
20	90	100	
16	60	90	
14	55	85	
12,5	50	80	
10	45	75	
8	40	70	
6,3	34	64	
4	25	55	
2	15	40	
1	11	29	
0,5	8	20	
0,25	5	15	
0,063	3	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	150
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)	
		Tipo di Additivazione	
		Moderata additivazione	Elevata additivazione
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5	
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})	
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})	
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})	
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,2÷2,0	1,4÷2,2
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250	60 - 250
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidità (UNI EN 12697-26 - Annesso C)			
T=5°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	12.000-21.000	14.000-25.000
T=20°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	5.000-8.000	7.000-12.000
T=40°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	600-2.000	800-4.000

1.7.3.5. confezionamento delle miscele

Capitolato d'appalto - Parte seconda - Opere stradali

Il conglomerato bituminoso deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, d'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 e una perfetta vagliatura che assicuri un'idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

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

Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui; nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato materiale fresato si potrà procedere per scarico diretto.

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

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

1.7.3.6. preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di Emulsione bituminosa cationica 60% modificata. Le relative caratteristiche sono le seguenti:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.3.7. Posa in opera delle miscele

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

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

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

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

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

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

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

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di produzione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci. Comunque, i mezzi dovranno essere sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e la formazione di crostoni.

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

La stessa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base potranno essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, d'idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva d'irregolarità e ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm. La miscela bituminosa dello strato di base sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.3.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice. La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.3.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare.

Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto

Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p>			

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

1.7.4. BASE ALTO MODULO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON POLIMERI E CON BITUME NORMALE

1.7.4.1. Descrizione

Lo strato di base alto modulo in conglomerato bituminoso con polimeri e con bitume normale è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali") previo preriscaldamento degli aggregati. La caratteristica principale consiste nell'elevata capacità portante conferita alla sovrastruttura stradale, attraverso una migliore ripartizione dei carichi e il sostanziale decremento degli sforzi e delle deformazioni sugli strati

inferiori. L'aggiunta dei polimeri avviene direttamente nel mescolatore durante la produzione. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, combinati e metallici vibranti di idoneo peso. La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I

requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Il conglomerato bituminoso modificato con polimeri in opera dovrà conferire una resistenza meccanica alla sovrastruttura tale da garantire capacità portante senza deformazioni permanenti e adeguata flessibilità nell'adattamento a eventuali assestamenti del sottofondo, anche a medio-lungo termine. Lo spessore dello strato di base è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e approvati dalla stessa D.L. e la loro presa visione non solleverà comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.4.2. Materiali costituenti

Legante

Il bitume totale presente nella miscela sarà formato da quello contenuto nel fresato e quello di apporto. Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali" con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nell'appendice NA.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

Capitolato d'appalto - Parte seconda – Opere stradali

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumate e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RA8}	8÷25 (Δ _{RA8} /25)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%.

Per lo strato di base può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di base, binder e usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.4.3. Additivi

Aggiunti agli aggregati o al bitume, gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi. Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato ed eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Polimeri di additivazione

La modifica del conglomerato bituminoso con polimeri comporta l'aumento della resistenza meccanica e del modulo complesso, la diminuzione dell'accumulo delle deformazioni alla ripetizione dei carichi, determinando un miglioramento del comportamento a fatica, della tradizionale miscela prodotta con bitume normale.

Le maggiori prestazioni del conglomerato bituminoso saranno ottenute tramite la modifica della miscela con un compound composto da selezionati polimeri a basso peso molecolare e medio punto di fusione in granuli semi-morbidi e flessibili.

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Inoltre, sarà necessario fornire alla D.L. i Test Report di controllo di produzione per ogni lotto produttivo. L'azienda fornitrice dovrà avere Certificato ISO 9001, ISO 14001 e almeno 10 anni di referenze su tale prodotto.

Il dosaggio del prodotto deve variare in funzione della modifica da effettuare e delle prestazioni meccaniche da raggiungere.

Indicativamente è pari a 6-10% sul peso del bitume totale.

Il polimero dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione mediante l'uso di un impianto dosatore, garantendo così l'omogeneità del prodotto finito.

L'immissione del prodotto all'interno del mescolatore deve avvenire dopo lo scarico degli inerti e prima del bitume, il quale deve essere introdotto con un ritardo di circa 10 sec, per garantire così l'omogeneità e la dispersione.

1.7.4.4. miscele

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del fresato dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
31,5	100	100	≥ 3,8 (B _{min 3,8})
20	90	100	
16	60	90	
14	55	85	
12,5	50	80	
10	45	75	
8	40	70	
6,3	34	64	
4	25	55	
2	15	40	
1	11	29	
0,5	8	20	
0,25	5	15	
0,063	3	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	150
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
		Tipo di Miglioria Moderata additivazione
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,6÷2,2
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidezza (UNI EN 12697-26 - Annesso C)		
T=5°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	20.000-28.000
T=20°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	10.000-18.000
T=40°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	1.200-3.000

1.7.4.5. Confezionamento delle miscele

Il conglomerato bituminoso deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, d'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 e una perfetta vagliatura che assicuri un'idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

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

Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui; nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato materiale fresato si potrà procedere per scarico diretto.

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

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

1.7.4.6. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di ramollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.4.7. Posa in opera delle miscele

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

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

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo sarà danneggiato o arrotondato, si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio e asportazione della parte terminale di azzeramento.

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

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di produzione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci. Comunque, i mezzi dovranno essere sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e la formazione di crostoni.

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

La stessa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base potranno essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, d'idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Si avrà cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva d'irregolarità e ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm. La miscela bituminosa dello strato di base sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.4.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice. La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stessa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.4.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure	Secondo tabella di riferimento

		ogni 2500 m ³ di stesa	precedente
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p>			

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

1.7.5. BASEBINDER A ELEVATE PRESTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON POLIMERI

1.7.5.1. descrizione

Lo strato di basebinder a elevate prestazioni in conglomerato bituminoso con bitume normale, additivato con polimeri è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a tiepido con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati. L'aggiunta dei polimeri avviene direttamente nel mescolatore durante la produzione. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, combinati e metallici vibranti di idoneo peso. La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Lo strato di basebinder ha la funzione di collegare lo strato in materiale sciolto con curva granulometrica stabilizzata e lo strato di usura, trasmettendo l'azione verticale dei carichi e assorbendo gran parte delle azioni flessionali senza deformazioni permanenti.

Lo spessore della BaseBinder è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle

lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.5.2. Materiali costituenti

Legante

Il bitume totale presente nella miscela sarà formato da quello contenuto nel fresato e quello di apporto. Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali" con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nell'appendice NA.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa·s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumate e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RA8}	8÷25 (Δ _{RA8} 8/25)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%.

Per lo strato di base può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di base, binder e usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.5.3. Additivi

Aggiunti agli aggregati o al bitume, gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato ed eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Polimeri di additivazione

La modifica del conglomerato bituminoso con polimeri comporta l'aumento della resistenza meccanica e del modulo complesso, la diminuzione dell'accumulo delle deformazioni alla ripetizione dei carichi, determinando un miglioramento del comportamento a fatica, della tradizionale miscela prodotta con bitume normale.

Le maggiori prestazioni del conglomerato bituminoso saranno ottenute tramite la modifica della miscela con un compound composto da selezionati polimeri a basso peso molecolare e medio punto di fusione in granuli semi-morbidi e flessibili.

Polimeri per la Modifica delle Miscele Bituminose			
Parametro	Norma	Unità di Misura	Limite
Composizione			Compound plastomerico
Aspetto			Granuli di forma omogenea
Colore			Monocromatico dal grigio al nero
Odore			Appena percettibile
Dimensione granuli		mm	3,0-5,0
Melt Index a 190 °C con peso da 2,16 kg	ISO 1133-1:2011	g/10'	2-4
Ceneri a 500 °C	UNI ISO 3451-1	%	≤ 3
Su bitume normale e 6% di polimero a 5 °C, aumento del modulo complesso con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	50-60
Su bitume normale e 6% di polimero a 5 °C, riduzione dell'angolo di fase con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	25-35
Su bitume normale e 6% di polimero a 40 °C, aumento del modulo complesso con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	65-75
Su bitume normale e 6% di polimero a 40 °C, riduzione dell'angolo di fase con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	20-30

Inoltre, sarà necessario fornire alla D.L. i Test Report di controllo di produzione per ogni lotto produttivo. L'azienda fornitrice dovrà avere Certificato ISO 9001, ISO 14001 e almeno 10 anni di referenze su tale prodotto.

Il dosaggio del prodotto deve variare in funzione della modifica da effettuare e delle prestazioni meccaniche da raggiungere:

Moderata additivazione = 2 – 4 % sul peso del bitume totale;

Elevata additivazione = 4 – 6 % sul peso del bitume totale.

Il polimero dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione mediante l'uso di un impianto dosatore, garantendo così l'omogeneità del prodotto finito.

L'immissione del prodotto all'interno del mescolatore deve avvenire dopo lo scarico degli inerti e prima del bitume, il quale deve essere introdotto con un ritardo di circa 10 sec, per garantire così l'omogeneità e la dispersione.

1.7.5.4. Miscele

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del fresato dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
31,5	100	100	≥4,0 (B _{min 4,0})
20	90	100	
16	70	100	
14	60	90	
12,5	55	80	
10	45	70	
8	40	64	
6,3	35	58	
4	25	50	
2	15	40	
1	10	30	
0,5	8	22	
0,25	6	18	
0,063	4	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	150
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)	
		Tipo di Miglioria	
		Moderata additivazione	Elevata additivazione
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5	
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})	
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})	
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})	
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,0÷1,8	1,4÷2,2
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250	60 - 250
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidezza (UNI EN 12697-26 - Annesso C)			
T=5°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	15.000-25.000	18.000-27.000
T=20°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	6.000-12.000	8.000-15.000
T=40°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	700-5.000	900-6.000

1.7.5.5. Confezionamento delle miscele

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

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

Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

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

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

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

1.7.5.6. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di emulsioni bituminose tipo rapida rottura e deve avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Mano d'Attacco - Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

Il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.5.7. Posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

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

La stessa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di BaseBinder dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

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

La miscela bituminosa dello strato di BaseBinder sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.5.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- la temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- la temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.5.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente

Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Ontenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica e secondo tabella di riferimento precedente
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p>			

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione sarà utilizzato per i controlli, l'altro resterà a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

1.7.6. BINDER IN CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE CON BITUME NORMALE

1.7.6.1. Descrizione

Lo strato di binder in conglomerato bituminoso tradizionale con bitume normale è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici. La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Il Binder ha la funzione di collegare lo strato di Usura a quello di Base, trasmettendo l'azione verticale dei carichi e assorbendo parte delle azioni flessionali senza deformazioni permanenti. Lo spessore dello strato di Binder è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.6.2. materiali costituenti

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN

12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali" con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nel documento UNI/TR 11361 "Bitume e leganti bituminosi – Bitumi per applicazioni stradali di maggior utilizzo in Italia".

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT				
	UNI EN12607-1			
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumate e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10

Filler di Additivazione

Capitolato d'appalto - Parte seconda – Opere stradali

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ_{RAB}	8÷25 ($\Delta_{RAB}8/25$)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%.

Per lo strato di binder può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di base, binder e usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.6.3. Additivi

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

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante

bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato e eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

1.7.6.4. Miscele

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del Fresato dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
20	100	100	≥4,20 (B _{min4,2})
16	90	100	
14	75	95	
12,5	65	85	
10	60	78	
8	52	70	
6,3	45	65	
4	35	55	
2	25	40	
1	18	30	
0,5	10	23	
0,25	6	15	
0,063	4	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	150
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	100
Rotazioni N3	---	160

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato – Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V_{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3+6 ($V_{min3}-V_{max6}$)
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V_{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	0,70÷1,40
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250
Sensibilità all'acqua a 15°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)

1.7.6.5. Confezionamento delle miscele

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

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

Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a

peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui; nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato materiale fresato si potrà procedere per scarico diretto. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 140°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

1.7.6.6. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di emulsioni bituminose tipo rapida rottura e deve avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

Il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.6.7. Posa in opera delle miscele

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

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

Nella stessa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo

affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati dovrà essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

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

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

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese

dell'Impresa. La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

Per gli strati di Binder dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3 mm.

La miscela bituminosa dello strato di Binder sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.6.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice. La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stessa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.6.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente

Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p>			

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente. Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

1.7.7. BINDER IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME MODIFICATO

1.7.7.1. descrizione

Lo strato di Binder in conglomerato bituminoso con bitume modificato è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 14023 "Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti bitumi modificati con polimeri e dovranno essere modificati") previo preriscaldamento degli aggregati. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici.

La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Il Binder ha la funzione di collegare lo strato di Usura a quello di Base, trasmettendo l'azione verticale dei carichi e assorbendo parte delle azioni flessionali senza deformazioni permanenti.

Lo spessore dello strato di Binder è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.7.2. materiali costituenti

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN

14023 "Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri". In particolare, le relative caratteristiche

Bitume Modificato			Limiti e Classi (UNI EN 14023)
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	45-80 (classe 4)
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 70 (classe 4)
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 12 (classe 6)
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa·s	0,20-0,60
Ritorno elastico a 25°C, 50 mm/min	UNI EN 13398	%	≥ 80 (classe 2)
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg a 180 °C - Variazione del Punto di rammollimento	UNI EN 13399	°C	≤ 3 (classe 2)
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1	
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 40 (classe 3)
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 5 (classe 2)
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,3 (classe 2)

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumate e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RA88}	8÷25 (Δ _{RA88} /25)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8. La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%. Per lo strato di binder può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di base, binder e usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.7.3. additivi

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

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre,

etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno .

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato e eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

1.7.7.4. miscele

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del Fresato dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
20	100	100	≥4,20 (B _{min4,2})
16	90	100	
14	75	95	
12,5	65	85	
10	60	78	
8	52	70	
6,3	45	65	
4	35	55	
2	25	40	
1	18	30	
0,5	10	23	
0,25	6	15	
0,063	4	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	150
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	0,95 - 1,70
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidità (UNI EN 12697-26 - Annesso C)		
T=5°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	14.000-20.000
T=20°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	5.000-8.000
T=40°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	700-2.500

1.7.7.5. confezionamento delle miscele

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

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

Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

1.7.7.6. preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.7.7. posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

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

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di Binder dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3 mm. La miscela bituminosa dello strato di Binder sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della

fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.7.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.7.9. accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto

Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica ($\geq 98\%$) e secondo tabella di riferimento precedente
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = $\pm 1,5$ punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25$ punti percentuali.</p>			

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

1.7.8. BINDER A ELEVATE PRESTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON POLIMERI

1.7.8.1. Descrizione

Lo strato di Binder in conglomerato bituminoso a elevate prestazioni con bitume normale additivato con polimeri è costituito da un misto granulare, prevalentemente di frantumazione, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN

12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali") previo preriscaldamento degli aggregati. L'aggiunta dei polimeri avviene direttamente nel mescolatore durante la produzione. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici.

La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Il Binder ha la funzione di collegare lo strato di Usura a quello di Base, trasmettendo l'azione verticale dei carichi e assorbendo parte delle azioni flessionali senza deformazioni permanenti.

Lo spessore dello strato di Binder è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.8.2. Materiali costituenti

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali" con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nel documento UNI/TR 11361 "Bitume e leganti bituminosi – Bitumi per applicazioni stradali di maggior utilizzo in Italia".

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) potrà avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumate e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10

Filler di Additivazione

Capitolato d'appalto - Parte seconda – Opere stradali

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ_{RAB}	8÷25 ($\Delta_{RAB}8/25$)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 30%. Per lo strato di binder può essere riciclato materiale fresato proveniente da strati di base, binder e usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.8.3. Additivi

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

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato e eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Polimeri di additivazione

La modifica del conglomerato bituminoso con polimeri comporta l'aumento della resistenza meccanica e del modulo complesso, la diminuzione dell'accumulo delle deformazioni alla ripetizione dei carichi, determinando un miglioramento del comportamento a fatica, della tradizionale miscela prodotta con bitume normale.

Le maggiori prestazioni del conglomerato bituminoso saranno ottenute tramite la modifica della miscela con un compound composto da selezionati polimeri a basso peso molecolare e medio punto di fusione in granuli semi-morbidi e flessibili.

Polimeri per la Modifica delle Miscele Bituminose			
Parametro	Norma	Unità di Misura	Limite
Composizione			Compound plastomerico
Aspetto			Granuli di forma omogenea
Colore			Monocromatico dal grigio al nero
Odore			Appena percettibile
Dimensione granuli		mm	3,0-5,0
Melt Index a 190 °C con peso da 2,16 kg	ISO 1133-1:2011	g/10'	2-4
Ceneri a 500 °C	UNI ISO 3451-1	%	≤ 3
Su bitume normale e 6% di polimero a 5 °C, aumento del modulo complesso con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	50-60
Su bitume normale e 6% di polimero a 5 °C, riduzione dell'angolo di fase con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	25-35
Su bitume normale e 6% di polimero a 40 °C, aumento del modulo complesso con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	65-75
Su bitume normale e 6% di polimero a 40 °C, riduzione dell'angolo di fase con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	20-30

Inoltre, sarà necessario fornire alla D.L. i Test Report di controllo di produzione per ogni lotto produttivo. L'azienda fornitrice dovrà avere Certificato ISO 9001, ISO 14001 e almeno 10 anni di referenze su tale prodotto.

Il dosaggio del prodotto deve variare in funzione della modifica da effettuare e delle prestazioni meccaniche da raggiungere:

Moderata additivazione = 2 – 4 % sul peso del bitume totale;

Elevata additivazione = 4 – 6 % sul peso del bitume totale.

Il polimero dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione mediante l'uso di un impianto dosatore, garantendo così l'omogeneità del prodotto finito.

L'immissione del prodotto all'interno del mescolatore deve avvenire dopo lo scarico degli inerti e prima del bitume, il quale deve essere introdotto con un ritardo di circa 10 sec, per garantire così l'omogeneità e la dispersione.

1.7.8.4. Miscele

La miscela degli aggregati lapidei di primo impiego e del Fresato dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
20	100	100	≥4,20 (B _{min4,2})
16	90	100	
14	75	95	
12,5	65	85	

10	60	78
8	52	70
6,3	45	65
4	35	55
2	25	40
1	18	30
0,5	10	23
0,25	6	15
0,063	4	10

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	150
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)	
		Tipo di Additivazione	
		Moderata additivazione	Elevata additivazione
Affinità bitume-aggregato – Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5	
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})	
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})	
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})	
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,00÷2,00	1,20÷2,20
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250	60 - 250
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidezza (UNI EN 12697-26 - Annesso C)			
T=5°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	15.000-25.000	18.000-27.000
T=20°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	6.000-13.000	8.000-15.000
T=40°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	800-5.000	900-6.000

1.7.8.5. Confezionamento delle miscele

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

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

1.7.8.6. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.8.7. Posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

La stessa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa. La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di Binder dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3 mm. La miscela bituminosa dello strato di Binder sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.8.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.8.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ³ di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p>			

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

1.7.9. USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE CON BITUME NORMALE

1.7.9.1. Descrizione

Lo strato di Usura in conglomerato bituminoso tradizionale con bitume normale è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 “Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico”), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali”), previo preriscaldamento degli aggregati. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici.

La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 “Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero”.

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I

requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

L'usura ha il compito di assicurare confort, economicità di marcia e sicurezza. Pertanto, deve garantire elevata aderenza pneumatico-pavimentazione e avere elevata resistenza agli sforzi tangenziali e alle deformazioni verticali permanenti (ormaie). Lo spessore dello strato dell'usura è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.9.2. Materiali costituenti

Legante

Il bitume totale presente nella miscela sarà formato da quello contenuto nel fresato e quello di apporto. Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali” con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nell'appendice NA.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà essere totalmente frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/0}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Se richiesto dall'Ente Appaltante o dalla D.L., dovranno essere utilizzati aggregati con resistenza alla frammentazione LA ≤ 18% che saranno riconosciuti economicamente.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 75 (SE ₇₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RAB}	8÷25 (Δ _{RAB} 8/25)

Conglomerato riciclato

Capitolato d'appalto - Parte seconda – Opere stradali

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 20%.

Per lo strato di usura può essere riciclato materiale fresato proveniente solamente da altri strati di usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.9.3. Additivi

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

Attivanti di adesione

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorogeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato e eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

1.7.9.4. Miscele

La miscela degli aggregati lapidei dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito, in funzione dello spessore dello strato da realizzare:

Fuso Granulometrico Usura			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
12,5	100	100	≥4,8 (B _{min4,6})
10	90	100	
8	80	100	
6,3	65	88	
4	44	64	
2	28	42	
1	20	33	
0,5	12	24	
0,25	8	18	
0,063	6	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 15 (V _{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3 ÷ 6 (V _{min3} - V _{max6})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	0,70 ÷ 1,40
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250
Sensibilità all'acqua a 15°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)

1.7.9.5. Confezionamento delle miscele

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

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui; nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato materiale fresato si potrà procedere per scarico diretto.

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

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

1.7.9.6. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di emulsioni bituminose tipo rapida rottura e deve avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Mano d'Attacco - Emulsione cationica 55%			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	45±2 (Classe 5)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	55±2 (Classe 5)
Flussante	UNI EN 1431	%	0-3 (Classe 3)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥ 43 (Classe 6)

Il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.9.7. Posa in opera delle miscele

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

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

Nella stessa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo

affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

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

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

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di Usura dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3 mm.

La miscela bituminosa dello strato di Usura sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

1.7.9.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.9.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 0,45
Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale*** in continuo (CAT) per ogni stesa oppure puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	CAT ₂₀ ≥ 0,55 BPN ≥ 62

<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p> <p>** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato HS = 0,2+0,8 MPD</p> <p>*** La verifica dell'altezza in sabbia e dell'aderenza trasversale devono essere effettuate in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall'apertura al traffico. Inoltre, il CAT_t deve essere riportato alla temperatura di riferimento a 20°C secondo la seguente formula CAT₂₀ = CAT_t / (0,548 + (44,69 / (t+80)))</p>
--

1.7.10. USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO MODIFICATO

1.7.10.1. Descrizione

Lo strato di usura in conglomerato bituminoso con bitume modificato è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 14023 "Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti bitumi modificati con polimeri e dovranno essere modificati") previo preriscaldamento degli aggregati. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici.

La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero".

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

L'usura ha il compito di assicurare confort, economicità di marcia e sicurezza. Pertanto, deve garantire elevata aderenza pneumatico- pavimentazione e avere elevata resistenza agli sforzi tangenziali e alle deformazioni verticali permanenti (ormae).

Lo spessore dello strato dell'usura è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.10.2. Materiali costituenti

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 14023 "Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri". In particolare, le relative caratteristiche

Bitume Modificato			Limiti e Classi (UNI EN 14023)
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	45-80 (classe 4)
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 70 (classe 4)
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 12 (classe 6)

Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa·s	0,20-0,60
Ritorno elastico a 25°C, 50 mm/min	UNI EN 13398	%	≥ 80 (classe 2)
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg a 180 °C - Variazione del Punto di rammollimento	UNI EN 13399	°C	≤ 3 (classe 2)
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1	
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 40 (classe 3)
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 5 (classe 2)
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,3 (classe 2)

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente.

La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà essere totalmente frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/0}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Se richiesto dall'Ente Appaltante o dalla D.L., dovranno essere utilizzati aggregati con resistenza alla frammentazione LA ≤ 18% che saranno riconosciuti economicamente.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 75 (SE ₇₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica.

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)

Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{ABB}	8÷25 (Δ _{ABB} 8/25)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 20%.

Per lo strato di usura può essere riciclato materiale fresato proveniente solamente da altri strati di usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.10.3. Additivi

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

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti. L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato e eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L.

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

1.7.10.4. Miscela

La miscela degli aggregati lapidei dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti di uno dei fusi riportati di seguito, in funzione dello spessore dello strato da realizzare:

Fuso Granulometrico Usura			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
12,5	100	100	≥4,8 (B _{min4,8})
10	90	100	
8	80	100	
6,3	65	88	
4	44	64	
2	28	42	
1	20	33	
0,5	12	24	
0,25	8	18	
0,063	6	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	240

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,7÷2,30
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60÷250
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidezza (UNI EN 12697-26 - Annesso C)		
T=5°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	8.000-12.000
T=20°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	3.000-6.000
T=40°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	700-2.000

1.7.10.5. Confezionamento delle miscele

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

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza

di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

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

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

1.7.10.6. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate.

Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.10.7. Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi sarà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

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

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di Usura dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

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

La miscela bituminosa dello strato di Usura sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.10.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.10.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente

Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 0,45
Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale*** in continuo (CAT) per ogni stesa oppure puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	CAT ₂₀ ≥ 0,55 BPN ≥ 62
Pavimentazione	Superficie	In continuo ad alto rendimento	IRI ≤ 2,0 (mm/m)
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti: - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali.</p> <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p> <p>** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato HS = 0,2+0,8 MPD</p> <p>*** La verifica dell'altezza in sabbia e dell'aderenza trasversale devono essere effettuate in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall'apertura al traffico. Inoltre, il CAT_t deve essere riportato alla temperatura di riferimento a 20°C secondo la seguente formula CAT₂₀ = CAT_t / (0,548 + (44,69 / (t+80)))</p>			

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella precedente.

1.7.11. USURA AD ELEVATE PRESTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON POLIMERI

1.7.11.1. Descrizione

Lo strato di usura a elevate prestazioni in conglomerato bituminoso con bitume normale additivato con polimeri è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti

superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico”), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali”), previo preriscaldamento degli aggregati. L’aggiunta dei polimeri avviene direttamente nel mescolatore durante la produzione. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici. La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 “Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero”.

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- Composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

L’usura ha il compito di assicurare confort, economicità di marcia e sicurezza. Pertanto, deve garantire elevata aderenza pneumatico- pavimentazione e avere elevata resistenza agli sforzi tangenziali e alle deformazioni verticali permanenti (ormai).

Lo spessore dello strato del usura è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d’Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all’inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L..

La loro presa visione non solleva comunque l’Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.11.2. Materiali costituenti

Legante

Il bitume totale presente nella miscela sarà formato da quello contenuto nel fresato e quello di apporto. Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all’Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali” con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nell’appendice NA.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammolimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa·s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall’appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai

sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà essere totalmente frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/0}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Se richiesto dall'Ente Appaltante o dalla D.L., dovranno essere utilizzati aggregati con resistenza alla frammentazione LA ≤ 18% che saranno riconosciuti economicamente.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 75 (SE ₇₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RAB}	8÷25 (Δ _{RAB} 8/25)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 20%.

Per lo strato di usura può essere riciclato materiale fresato proveniente solamente da altri strati di usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.11.3. Additivi

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

Attivanti di adesione

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante

bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato e eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Polimeri di additivazione

La modifica del conglomerato bituminoso con polimeri comporta l'aumento della resistenza meccanica e del modulo complesso, la diminuzione dell'accumulo delle deformazioni alla ripetizione dei carichi, determinando un miglioramento del comportamento a fatica, della tradizionale miscela prodotta con bitume normale.

Le maggiori prestazioni del conglomerato bituminoso saranno ottenute tramite la modifica della miscela con un compound composto da selezionati polimeri a basso peso molecolare e medio punto di fusione in granuli semi-morbidi e flessibili.

Polimeri per la Modifica delle Miscele Bituminose			
Parametro	Norma	Unità di Misura	Limite
Composizione			Compound plastomerico
Aspetto			Granuli di forma omogenea
Colore			Monocromatico dal grigio al nero
Odore			Appena percettibile
Dimensione granuli		mm	3,0-5,0
Melt Index a 190 °C con peso da 2,16 kg	ISO 1133-1:2011	g/10'	2-4
Ceneri a 500 °C	UNI ISO 3451-1	%	≤ 3
Su bitume normale e 6% di polimero a 5 °C, aumento del modulo complesso con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	50-60
Su bitume normale e 6% di polimero a 5 °C, riduzione dell'angolo di fase con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	25-35
Su bitume normale e 6% di polimero a 40 °C, aumento del modulo complesso con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	65-75
Su bitume normale e 6% di polimero a 40 °C, riduzione dell'angolo di fase con DSR, a frequenza 10 Hz e strain 0.1%.	UNI EN 14770	%	20-30

Inoltre, sarà necessario fornire alla D.L. i Test Report di controllo di produzione per ogni lotto produttivo. L'azienda fornitrice dovrà avere Certificato ISO 9001, ISO 14001 e almeno 10 anni di referenze su tale prodotto.

Il dosaggio del prodotto deve variare in funzione della modifica da effettuare e delle prestazioni meccaniche da raggiungere:

- Moderata additivazione = 2 – 4 % sul peso del bitume totale;
- Elevata additivazione = 4 – 6 % sul peso del bitume totale.

Il polimero dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione mediante l'uso di un impianto dosatore, garantendo così l'omogeneità del prodotto finito.

L'immissione del prodotto all'interno del mescolatore deve avvenire dopo lo scarico degli inerti e prima del bitume, il quale deve essere introdotto con un ritardo di circa 10 sec, per garantire così l'omogeneità e la dispersione.

1.7.11.4. Miscela

La miscela degli aggregati lapidei dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108- 1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti del fuso riportato di seguito, in funzione dello spessore dello strato da realizzare:

Fuso Granulometrico Usura			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
12,5	100	100	≥4,8 (B _{min4,8})
10	90	100	
8	80	100	
6,3	65	88	
4	44	64	
2	28	42	
1	20	33	
0,5	12	24	
0,25	8	18	
0,063	6	10	

La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel fresato), riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	240

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)	
		Tipo di Additivazione	
		Moderata additivazione	Elevata additivazione
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})	≤ 14 (V _{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})	3÷6 (V _{min3} -V _{max6})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V _{min2})	≥ 2 (V _{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,7÷2,30	1,8÷2,40
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60÷250	60÷250

Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidezza (UNI EN 12697-26 - Annesso C)			
T=5°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	9.000-12.000	10.000-14.000
T=20°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	4.000-7.000	6.000-9.000
T=40°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	900-3.000	1.000-4.500

1.7.11.5. Confezionamento delle miscele

Il conglomerato bituminoso deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme

riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi

devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima

cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

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

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

1.7.11.6. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco - Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.11.7. Posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

ruote dei veicoli pesanti.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

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

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di Usura dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3

mm. La miscela bituminosa dello strato di Usura sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

1.7.11.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.11.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione

proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella successiva.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente

Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ³ di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 0,45
Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale*** in continuo (CAT) per ogni stesa oppure puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	CAT ₂₀ ≥ 0,55 BPN ≥ 62
Pavimentazione	Superficie	In continuo ad alto rendimento	IRI ≤ 2,0 (mm/m)
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p> <p>** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato HS = 0,2+0,8 MPD</p> <p>*** La verifica dell'altezza in sabbia e dell'aderenza trasversale devono essere effettuate in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall'apertura al traffico. Inoltre, il CAT_t deve essere riportato alla temperatura di riferimento a 20°C secondo la seguente formula CAT₂₀ = CAT_t / (0,548 + (44,69 / (t+80)))</p>			

1.7.12. USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A ELEVATA ADERENZA, CON BITUME NORMALE E COMPOUND FIBRE-POLIMERI

1.7.12.1. Descrizione

Capitolato d'appalto - Parte seconda – Opere stradali

Lo strato di usura in conglomerato bituminoso a elevata aderenza con bitume normale e compound fibre-polimeri è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 “Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico”), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali”), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici. Tale conglomerato bituminoso garantisce in opera elevati livelli d’aderenza e di macrorugosità superficiale. Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

L’usura ha il compito inoltre di assicurare confort, economicità di marcia e sicurezza. Pertanto, deve garantire elevata aderenza pneumatico-pavimentazione e avere elevata resistenza agli sforzi tangenziali e alle deformazioni verticali permanenti (ormai). Lo spessore dello strato è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d’Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all’inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL.. La loro presa visione non solleva comunque l’Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.12.2. Materiali costituenti

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all’Appendice ZA della Norma UNI EN12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali” con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nel documento UNI/TR 11361 “Bitume e leganti bituminosi – Bitumi per applicazioni stradali di maggior utilizzo in Italia”.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 56	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Aggregati

Gli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall’appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d’apporto.

Aggregato grosso

L’aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà essere totalmente frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 56	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT				
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Se richiesto dall'Ente Appaltante o dalla D.L., dovranno essere utilizzati aggregati con resistenza alla frammentazione LA ≤ 18% che saranno riconosciuti economicamente.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/0}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 75 (ES ₇₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (F ₁₀)

L'analisi granulometrica sull'additivo dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI EN 933-10.

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 10%.

Per lo strato di usura può essere riciclato materiale fresato proveniente solamente da altri strati di usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.12.3. Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivante di adesione

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ_{RAS}	8÷25 ($\Delta_{RAS}8/25$)

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato ed eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L.

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Compound di polimeri e fibre

Il compound di polimeri e fibre devono consentire di aumentare il modulo di rigidità, di migliorare la resistenza a fatica, d'incrementare le resistenze meccaniche e la vita utile del conglomerato bituminoso.

Nello specifico, è un compound di polimeri plastomerici, fibre cellulosiche e vetro.

La componente plastomerica è costituita da polimeri termoplastici flessibili aventi caratteristiche e punti di fusione compatibili con quelli del bitume. Tali polimeri comportano il miglioramento del modulo di rigidità, con conseguente incremento delle resistenze meccaniche e della resilienza, e riducono altresì le deformazioni dovute alla ripetizione dei carichi, migliorando il comportamento a fatica.

La componente fibrosa contribuisce invece a migliorare ulteriormente il comportamento reologico e tixotropico del mastice bituminoso: in pratica si ha una miglior distribuzione del legante e un aumento dello spessore del

film sugli aggregati, con conseguente incremento della stabilità e delle caratteristiche meccaniche del conglomerato bituminoso finale. Ciò è dovuto sia alle caratteristiche dell'additivo, sia a una sua maggior compatibilità col bitume, rispetto ai tradizionali filler.

Realizzati in pellets, il compound deve essere di facile uso e devono essere immessi nel mescolatore del conglomerato bituminoso. La percentuale indicativa di utilizzo è pari a 0,2 - 0,6% sul peso degli aggregati e, comunque, la percentuale ottimale deve essere determinata tramite prequalifica. Le proprietà fisiche dei pellets sono riportate nella tabella sotto riportata:

Compound polimeri e fibre		
Parametro	Unità di misura	Limite
Diametro medio	mm	4÷6
Colore		da paglierino a marrone scuro
Densità apparente	g/cm ³	0,50÷0,55
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	20÷30
Assorbimento in gasolio*	g	≤ 3,0
Umidità residua	%	≤ 10

* quantità di compound per assorbire 5 g di gasolio

1.7.12.4. Miscela

La miscela degli aggregati lapidei dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108- 5 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti di uno dei fusi riportati di seguito, in funzione dello spessore dello strato da realizzare:

Fuso Granulometrico Usura			Contenuto di bitume su miscela [%]
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
12,5	100	100	5,4 (B _{min5,4})
10	90	100	
8	60	88	
6,3	45	75	
4	30	52	
2	22	34	
1	16	26	
0,5	11	21	
0,250	10	18	
0,063	8	14	

La percentuale di legante riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-5)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	100
Rotazioni N3	---	160

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-5)
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V_{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 ($V_{min3}-V_{max6}$)
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V_{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,00÷1,80
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 - 250
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)

1.7.12.5. Confezionamento delle miscele

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

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate. La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la

pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui con vagliatura e riclassificazione degli aggregati.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

1.7.12.6. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammolimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.12.7. Posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati dovrà essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di

loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

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

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di Usura dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3 mm.

La miscela bituminosa dello strato di Usura sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Nel caso di stesa in doppio strato, tra le due stese dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa per la preparazione del piano di posa del secondo strato.

1.7.12.8. Produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 0,55
Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale*** in continuo (CAT) per ogni stesa oppure puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	CAT ₂₀ ≥ 0,62 BPN ≥ 66
Pavimentazione	Superficie	In continuo ad alto rendimento	IRI ≤ 2,0 (mm/m)
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p> <p>** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato HS = 0,2+0,8 MPD</p> <p>*** La verifica dell'altezza in sabbia e dell'aderenza trasversale devono essere effettuate in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall'apertura al traffico. Inoltre, il CAT_t deve essere riportato alla temperatura di riferimento a 20°C secondo la seguente formula CAT₂₀ = CAT_t / (0,548 + (44,69 / (t+80)))</p>			

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;

- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.12.9. Accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella seguente.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 0,55
Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale*** in continuo (CAT) per ogni stesa oppure puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	CAT ₂₀ ≥ 0,62 BPN ≥ 66
Pavimentazione	Superficie	In continuo ad alto rendimento	IRI ≤ 2,0 (mm/m)
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p> <p>** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato HS = 0,2+0,8 MPD</p> <p>*** La verifica dell'altezza in sabbia e dell'aderenza trasversale devono essere effettuate in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall'apertura al traffico. Inoltre, il CAT₂₀ deve essere riportato alla temperatura di riferimento a 20°C secondo la seguente formula CAT₂₀ = CAT_t/(0,548+(44,69/(t+80)))</p>			

1.7.13. USURA A ELEVATE PRESTAZIONI A TESSITURA OTTIMIZZATA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON COMPOUND FIBRE-POLIMERI

1.7.13.1. Descrizione

Lo strato di usura a elevate prestazioni a tessitura ottimizzata in conglomerato bituminoso con bitume normale additivato con compound fibre-polimeri è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 “Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico”), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali”), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici. La miscela lapidea avrà curva granulometrica tale per cui la tessitura superficiale sarà di tipo ottimizzato dal punto di vista delle emissioni sonore dovute al passaggio del traffico veicolare. Trattandosi di una miscela a granulometria più fine (0/10 mm) assicura, inoltre, superfici stradali a bassa emissione acustica.

La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 “Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero”.

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Lo spessore dello strato è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d’Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all’inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL.. La loro presa visione non solleva comunque l’Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.13.2. materiali costituenti

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all’Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali” con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nel documento UNI/TR 11361 “Bitume e leganti bituminosi – Bitumi per applicazioni stradali di maggior utilizzo in Italia”.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 56	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa · s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Aggregati

Gli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso

i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà essere totalmente frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/10}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Se richiesto dall'Ente Appaltante o dalla D.L., dovranno essere utilizzati aggregati con resistenza alla frammentazione LA ≤ 18% che saranno riconosciuti economicamente.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 75 (SE ₇₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (F ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RAB}	8÷25 (Δ _{RAB} 8/25)

L'analisi granulometrica sull'additivo dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI EN 933-10.

Conglomerato riciclato

Capitolato d'appalto - Parte seconda – Opere stradali

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 10%.

Per lo strato di usura può essere riciclato materiale fresato proveniente solamente da altri strati di usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.13.3. ADDITIVI

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivante di adesione

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorogeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato ed eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Compound di polimeri e fibre

Il compound di polimeri e fibre devono consentire di aumentare il modulo di rigidità, di migliorare la resistenza a fatica, d'incrementare le resistenze meccaniche e la vita utile del conglomerato bituminoso.

Nello specifico, è un compound di polimeri plastomerici, fibre cellulosiche e vetro.

La componente plastomerica è costituita da polimeri termoplastici flessibili aventi caratteristiche e punti di fusione compatibili con quelli del bitume. Tali polimeri comportano il miglioramento del modulo di rigidità, con conseguente incremento delle resistenze meccaniche e della resilienza, e riducono altresì le deformazioni dovute alla ripetizione dei carichi, migliorando il comportamento a fatica.

La componente fibrosa contribuisce invece a migliorare ulteriormente il comportamento reologico e tixotropico del mastice bituminoso: in pratica si ha una miglior distribuzione del legante e un aumento dello spessore del film sugli aggregati, con conseguente incremento della stabilità e delle caratteristiche meccaniche del conglomerato bituminoso finale. Ciò è dovuto sia alle caratteristiche dell'additivo, sia a una sua maggior compatibilità col bitume, rispetto ai tradizionali filler.

Realizzati in pellets, il compound deve essere di facile uso e devono essere immessi nel mescolatore del conglomerato bituminoso. La percentuale indicativa di utilizzo è pari a 0,2 - 0,6% sul peso degli aggregati e, comunque, la percentuale ottimale deve essere determinata tramite prequalifica. Le proprietà fisiche dei pellets sono riportate nella tabella sotto riportata:

Compound polimeri e fibre		
Parametro	Unità di misura	Limite
Diametro medio	mm	4÷6
Colore		da paglierino a marrone scuro

Densità apparente	g/cm ³	0,50÷0,55
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	20÷30
Assorbimento in gasolio*	g	≤ 3,0
Umidità residua	%	≤ 10

* quantità di compound per assorbire 5 g di gasolio

1.7.13.4. miscele

La miscela degli aggregati lapidei dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-5 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti di uno dei fusi riportati di seguito, in funzione dello spessore dello strato da realizzare:

Fuso Granulometrico Usura			Contenuto di bitume su miscela [%]
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
12,5	100	100	5,6 (B _{min,e})
10	90	100	
8	82	100	
6,3	74	92	
4	57	80	
2	40	62	
1	25	47	
0,5	18	32	
0,250	13	25	
0,063	8	14	

La percentuale di legante riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	100
Rotazioni N3	---	160

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato – Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V_{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷6 ($V_{min3}-V_{max6}$)
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 2 (V_{min2})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,00÷1,80
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	60 – 250
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)

1.7.13.5. confezionamento delle miscele

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

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

Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

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

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

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

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

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

1.7.13.6. preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.13.7. posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

La stessa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di Usura dovranno essere utilizzati rulli combinati e/o rulli tutto ferro

vibranti, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

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

La miscela bituminosa dello strato di Usura sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

1.7.13.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.13.9. accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate. Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente. Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella seguente.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 0,45
Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale*** in continuo (CAT) per ogni stesa oppure puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	CAT ₂₀ ≥ 0,50 BPN ≥ 60
Pavimentazione	Superficie	In continuo ad alto rendimento	IRI ≤ 2,0 (mm/m)
<p>*</p> <p>1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p> <p>** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato HS = 0,2+0,8 MPD</p> <p>*** La verifica dell'altezza in sabbia e dell'aderenza trasversale devono essere effettuate in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall'apertura al traffico. Inoltre, il CAT_t deve essere riportato alla temperatura di riferimento a 20°C secondo la seguente formula CAT₂₀ = CAT_t / (0,548 + (44,69 / (t+80)))</p>			

1.7.14. USURA A ELEVATE PRESTAZIONI PER BINARI TRANVIARI CON BITUME NORMALE, ADDITIVATO CON COMPOUND FIBRE-POLIMERI

1.7.14.1. descrizione

Lo strato di usura a elevate prestazioni per binari tranviari in conglomerato bituminoso con bitume normale additivato con compound fibre-polimeri è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici. La miscela bituminosa oltre a resistere ai carichi veicolari dovuti al traffico su gomma, dovrà sopportare anche le sollecitazioni indotte dal passaggio del tram sui binari interessati.

La miscela può comprendere anche aggregati derivanti dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile, purché sottoposto a verifica secondo Normativa vigente e quanto previsto dalla norma UNI EN 13108-8 “Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato bituminoso di recupero”.

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Lo spessore dello strato è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d’Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all’inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL.. La loro presa visione non solleva comunque l’Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.14.2. materiali costituenti

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all’Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali” con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nel documento UNI/TR 11361 “Bitume e leganti bituminosi – Bitumi per applicazioni stradali di maggior utilizzo in Italia”.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 56	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT				
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

Aggregati

Gli inerti impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall’appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d’apporto.

Aggregato grosso

L’aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà essere totalmente frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/0}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5

Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Se richiesto dall'Ente Appaltante o dalla D.L., dovranno essere utilizzati aggregati con resistenza alla frammentazione LA ≤ 18% che saranno riconosciuti economicamente.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 75 (SE ₇₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (F ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

L'analisi granulometrica sull'additivo dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI EN 933-10.

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati deve essere al massimo pari al 10%.

Per lo strato di usura può essere riciclato materiale fresato proveniente solamente da altri strati di usura. La percentuale di fresato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

1.7.14.3. additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivante di adesione

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in

qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Gli ACF devono essere additivi liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante, esenti dalla presenza di oli aromatici e con un basso impatto odorigeno.

Il rigenerante deve avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella seguente tabella:

Attivanti Chimici Funzionali			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Aspetto	---	---	Liquido
Densità apparente a 20°C	---	g/cm ³	0,91±0,02
Viscosità 25°C	EN 20028	cP	60 ± 10
Punto di infiammabilità	EN 2592	°C	≥ 150
Pour Point	EN 20065	≤	0°C

Il dosaggio dovrà essere pari allo 0,1-0,5% sul peso del fresato ed eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate con opportuna documentazione alla D.L..

L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

Compound di polimeri e fibre

Il compound di polimeri e fibre devono consentire di aumentare il modulo di rigidità, di migliorare la resistenza a fatica, d'incrementare le resistenze meccaniche e la vita utile del conglomerato bituminoso.

Nello specifico, è un compound di polimeri plastomerici, fibre cellulosiche e vetro.

La componente plastomerica è costituita da polimeri termoplastici flessibili aventi caratteristiche e punti di fusione compatibili con quelli del bitume. Tali polimeri comportano il miglioramento del modulo di rigidità, con conseguente incremento delle resistenze meccaniche e della resilienza, e riducono altresì le deformazioni dovute alla ripetizione dei carichi, migliorando il comportamento a fatica.

La componente fibrosa contribuisce invece a migliorare ulteriormente il comportamento reologico e tixotropico del mastice bituminoso: in pratica si ha una miglior distribuzione del legante e un aumento dello spessore del film sugli aggregati, con conseguente incremento della stabilità e delle caratteristiche meccaniche del conglomerato bituminoso finale. Ciò è dovuto sia alle caratteristiche dell'additivo, sia a una sua maggior compatibilità col bitume, rispetto ai tradizionali filler.

Realizzati in pellets, il compound deve essere di facile uso e devono essere immessi nel mescolatore del conglomerato bituminoso. La percentuale indicativa di utilizzo è pari a 0,2 - 0,6% sul peso degli aggregati e, comunque, la percentuale ottimale deve essere determinata tramite prequalifica. Le proprietà fisiche dei pellets sono riportate nella tabella sotto riportata:

Compound polimeri e fibre		
Parametro	Unità di misura	Limite
Diametro medio	mm	4÷6
Colore		da paglierino a marrone scuro
Densità apparente	g/cm ³	0,50÷0,55
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	20÷30
Assorbimento in gasolio*	g	≤ 3,0
Umidità residua	%	≤ 10

* quantità di compound per assorbire 5 g di gasolio

1.7.14.4. miscela

La miscela degli aggregati lapidei dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-5 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti di uno dei fusi riportati di seguito, in funzione dello spessore dello strato da realizzare:

Fuso Granulometrico Usura			Contenuto di bitume su miscela [%]
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
14	100	100	5,8 (B _{mins,B})
12,5	90	100	
10	77	100	
8	64	88	
6,3	50	74	
4	32	52	
2	22	34	
1	15	27	
0,5	12	21	
0,250	9	16	
0,063	8	14	

La percentuale di legante riferita al peso della miscela deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume totale deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 75 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	120
Rotazioni N3	---	200

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-1)
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≤ 14 (V _{max14})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	3÷5 (V _{min3} -V _{max5})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 1 (V _{min1})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,00÷1,80
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	80 - 200
Perdita di Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Rigidezza (UNI EN 12697-26 - Annesso C)		
T=5°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	8.000-12.000
T=20°C, Def.=5µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	5.000-8.000
T=40°C, Def.=7µm, Freq.=2Hz, Coeff.P.=0.35	MPa	900-2.000

1.7.14.5. confezionamento delle miscele

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

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

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

cura. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui con vagliatura e riclassificazione degli aggregati. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180 °C e quella del legante tra 150 °C e 170 °C, in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

1.7.14.6. preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,35-0,45 kg/m².

1.7.14.7. posa in opera delle miscele

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

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

Nella stessa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo

affiancamento di una strisciata alla precedente.

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

La stessa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni, con l'utilizzo di rulli e attrezzature adeguate per tale situazione tranviaria.

Dovranno essere utilizzati rulli di idoneo peso e forma, con caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La miscela bituminosa dello strato di Usura sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

1.7.14.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.14.9. accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella seguente.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 0,45

Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	BPN ≥ 60
Pavimentazione	Superficie	In continuo ad alto rendimento	IRI ≤ 2,0 (mm/m)
* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti: <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. 2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.			
** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato HS = 0,2+0,8 MPD			

1.7.15. USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO COLORATO

1.7.15.1. descrizione

Il conglomerato bituminoso per tappeto d'usura colorato è destinato alla realizzazione di pavimentazioni altamente prestazionali e pregiate dal punto di vista architettonico (zone pedonali, marciapiedi, strade private, piste ciclabili, parcheggi, campi sportivi ecc.), di tratti a elevata sicurezza per le diverse tipologie di traffico (aree di sosta, incroci, corsie di emergenza, ecc.) e di superfici a maggiore visibilità (gallerie, ecc.).

Lo strato di usura in conglomerato bituminoso è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati. L'aggiunta dei polimeri avviene direttamente nel mescolatore durante la produzione. Il prodotto è steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli vibranti metallici.

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I

requisiti obbligatori richiesti sono:

Capitolato d'appalto - Parte seconda – Opere stradali

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

L'usura ha il compito di assicurare confort, economicità di marcia e sicurezza. Pertanto, deve garantire elevata aderenza pneumatico-pavimentazione e avere elevata resistenza agli sforzi tangenziali e alle deformazioni verticali permanenti (ormaie). Lo spessore dello strato dell'usura è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleverà comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.15.2. materiali costituenti

Essendo il colorante un additivo che non deve modificare le prestazioni della pavimentazione, per i materiali costituenti si veda lo strato di usura di riferimento (tradizionale, migliorato, drenante, etc).

Per quanto riguarda gli aggregati, per poter meglio rispondere alle richieste architettoniche, potranno essere richiesti materiali di idoneo colore come ad esempio porfidi, porfiriti o altre rocce quarzifere di colore rosso o rosato.

1.7.15.3. additivi

Oltre agli additivi da utilizzare in funzione dello strato di usura di riferimento (tradizionale, migliorato, drenante, etc), sarà utilizzato l'additivo per la colorazione del conglomerato bituminoso.

Per la colorazione dovrà essere utilizzato uno speciale pigmento a base di ossido. L'additivo dovrà avere le seguenti proprietà fisiche:

Additivi per la Colorazione delle Miscele Bituminose	
Aspetto	Granuli cilindrici
Colore	Rosso, Giallo, Verde
Densità apparente	1,0 - 1,25 g/cm ³
Temperatura di fusione	82 - 110 °C

Il dosaggio del pigmento è del 2,0-6,0% sul peso degli aggregati (in funzione della tonalità richiesta).

1.7.15.4. miscele

Essendo il colorante un additivo che non deve modificare le prestazioni della pavimentazione, per le miscele si veda lo strato di usura di riferimento (tradizionale, modificato, altamente prestazionale, drenante, etc).

1.7.15.5. confezionamento delle miscele

Per il confezionamento delle miscele si veda lo strato di usura di riferimento (tradizionale, migliorato, drenante, etc) e si consideri che l'ossido sarà immesso direttamente nel mescolatore dell'impianto dopo che il bitume che sarà necessario miscelarlo per almeno 10 secondi con la miscela di aggregati e bitume, per consentire il perfetto ricoprimento e colorazione.

1.7.15.6. preparazione delle superfici di stesa

Essendo il colorante un additivo che non deve modificare le prestazioni della pavimentazione, per la preparazione delle superfici di stesa si veda lo strato di usura di riferimento (tradizionale, migliorato, drenante, etc).

1.7.15.7. posa in opera delle miscele

Essendo il colorante un additivo che non deve modificare le prestazioni della pavimentazione, per la posa in opera delle miscele si veda lo strato di usura di riferimento (tradizionale, migliorato, drenante, etc).

1.7.15.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.15.9. accettazione delle miscele

Essendo il colorante un additivo che non deve modificare le prestazioni della pavimentazione, per l'accettazione delle miscele si veda lo strato di usura di riferimento (tradizionale, migliorato, drenante, etc).

1.7.16. CONGLOMERATI BITUMINOSI DRENANTI - FONOASSORBENTI AD ELEVATA PERCENTUALE DI VUOTI

1.7.16.1. Descrizione

Lo strato drenante in conglomerato bituminoso ad elevata percentuale di vuoti è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico"), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 14023 "Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti bitumi modificati con polimeri e dovranno essere modificati") previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli metallici vibranti di idoneo peso.

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Il drenante in opera dovrà avere vuoti intercomunicanti che assicurano un passaggio facilitato e un veloce smaltimento delle acque. Conseguentemente, devono garantire elevata aderenza anche in caso di pioggia, evitando aquaplaning ed effetto spray. Il contenuto di vuoti deve permettere il fonoassorbimento per risonanza delle onde sonore generate sulla strada, selettivo delle frequenze a seconda delle dimensioni volumetriche delle cavità presenti.

Lo spessore dello strato drenante è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d'Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.16.2. materiali costituenti

Legante

I bitumi per uso stradale dovranno essere provvisti di marcatura CE attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 14023 "Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri". In particolare, le relative caratteristiche

Bitume Modificato			Limiti e Classi (UNI EN 14023)
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	45-80 (classe 4)
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 70 (classe 4)
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 12 (classe 6)
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa·s	0,20-0,60
Ritorno elastico a 25°C, 50 mm/min	UNI EN 13398	%	≥ 80 (classe 2)
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg a 180 °C - Variazione del Punto di rammollimento	UNI EN 13399	°C	≤ 3 (classe 2)
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1	
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 40 (classe 3)
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 5 (classe 2)
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,3 (classe 2)

aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/0}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F _i)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituiti da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Se richiesto dall'Ente Appaltante o dalla D.L., dovranno essere utilizzati aggregati con resistenza alla frammentazione LA ≤ 18% che saranno riconosciuti economicamente.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 70 (SE ₇₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti: L'analisi granulometrica sull'additivo dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI EN 933-10.

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85 ÷ 100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70 ÷ 100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RA8}	8 ÷ 25 (Δ _{RA8} /25)

1.7.16.3. additivi

Aggiunti agli aggregati o al bitume, gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione.

Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa.

Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperatura, tipo di miscela da produrre, etc).

L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Fibre

Per garantire le prestazioni meccaniche della miscela bituminosa e assicurare la relativa vita utile, dovranno essere aggiunte fibre composte da cellulosa e vetro oppure fibre strutturali. Le fibre dovranno avere funzione

stabilizzante ed addensante, per evitare la colatura del legante bituminoso, e fisico-strutturale per il rinforzo della miscela.

Le caratteristiche chimico-fisiche sono riportate nella seguente tabella:

Fibre di additivazione – Cellulosa/Vetro		
Parametro	Unità di misura	Valore
PELLETS		
Diametro medio	mm	4-6
Lunghezza media	mm	3-20
Colore		Da paglierino a marrone scuro
Densità Apparente	g/cm ³	0,50-0,75
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	50-70
Quantità di fibra necessaria per assorbire 5 g di gasolio	g	≤ 4,0
Umidità residua	%	≤ 10
FIBRE		
Lunghezza media	µm	≥ 200
Diametro medio	µm	≥ 7
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 300
Resistenza alla trazione	GPa	≥ 2
Allungamento massimo	%	≥ 2

Fibre di additivazione – Strutturali		
Parametro	Unità di misura	Valore
PELLETS		
Diametro medio	mm	4-6
Lunghezza media	mm	3-20
Colore		Da marrone a nero
Densità Apparente	g/cm ³	0,34-0,55
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	20-45
Quantità di fibra necessaria per assorbire 5 g di gasolio	g	≤ 2,0
Umidità residua	%	≤ 10
FIBRE		
Lunghezza media	µm	≥ 200
Diametro medio	µm	≥ 7
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 300
Resistenza alla trazione	GPa	≥ 2
Allungamento massimo	%	≥ 2

Il prodotto si dovrà presentare sottoforma di granuli addensati (pellets) che saranno opportunamente disgregati, macinati e dosati da apposito macchinario.

La fibra dovrà essere aggiunta direttamente nel mescolatore dell'impianto del conglomerato bituminoso prima della spruzzatura del bitume.

La percentuale di additivazione dovrà essere pari allo 0,20-0,80 % sul peso degli aggregati.

1.7.16.4. miscele

La miscela degli aggregati lapidei dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-7 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti di uno dei fusi riportati di seguito, in funzione dello spessore dello strato da realizzare:

Fuso Granulometrico Usura			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
16	100	100	≥ 4,0 (B _{min 4,0})
14	90	100	
12,5	22	100	
10	20	65	
8	18	32	
6,3	16	28	
4	13	23	

2	10	16	
1	8	13	
0,5	7	12	
0,25	6	10	
0,063	4	7	

Riferita al peso della miscela, la percentuale di legante deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 50 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-7)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	60
Rotazioni N3	---	120

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-7)
Affinità bitume-aggregato - Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 24 (V _{min28})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 18 (V _{min22})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 16 (V _{min20})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	0,35 ÷ 0,60
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	20 - 250
Sensibilità all'acqua a 15°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Perdita di particelle - Cantabro (UNI EN 12697 - 17)	%	≤ 20 (PL 20)
Permeabilità (UNI EN 12697 - 17)	10-3 m/s	≥ 1,5 (KV1,5)
Drenaggio del legante con metodo Schellenberg (UNI EN 12697-18)	%	≤ 0.2

1.7.16.5. Confezionamento delle miscele

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

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

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui e si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati.

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

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

1.7.16.6. preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco – Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,90-1,00 kg/m².

1.7.16.7. posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

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

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

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

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

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

Per gli strati di usura drenante dovranno essere utilizzati rulli tutto ferro (8-10 t), di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3 mm.

La miscela bituminosa dello strato di Usura sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

1.7.16.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.16.9. accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente

Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 1,2
Capacità drenante	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale*** in continuo (CAT) per ogni stesa oppure puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	CAT ₂₀ ≥ 0,50 BPN ≥ 62
Pavimentazione	Superficie	In continuo ad alto rendimento	IRI ≤ 2,0 (mm/m)
<p>* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. <p>2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.</p> <p>** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato HS = 0,2+0,8 MPD</p> <p>*** La verifica dell'altezza in sabbia e dell'aderenza trasversale devono essere effettuate in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall'apertura al traffico. Inoltre, il CAT_t deve essere riportato alla temperatura di riferimento a 20°C secondo la seguente formula CAT₂₀ = CAT_t / (0,548 + (44,69 / (t+80)))</p>			

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella successiva.

1.7.17. CONGLOMERATI BITUMINOSI SEMIDRENANTI - FONOASSORBENTI A MODERATA PERCENTUALE DI VUOTI

1.7.17.1. descrizione

Lo strato semidrenante in conglomerato bituminoso a moderata percentuale di vuoti è costituito da un misto granulare frantumato, composto da una miscela di aggregato grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 “Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico”), prodotto a caldo con bitume semisolido per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 14023 “Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti bitumi modificati con polimeri e dovranno essere modificati”) previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli metallici vibranti di idoneo peso.

Per essere ritenuto idoneo e impiegabile, il conglomerato bituminoso deve essere dotato obbligatoriamente di marcatura CE. I requisiti obbligatori richiesti sono:

- temperatura della miscela alla produzione;
- contenuto minimo di legante;
- composizione granulometrica;
- contenuto dei vuoti.

Il semidrenante in opera dovrà avere vuoti intercomunicanti che assicurano un passaggio facilitato e un veloce smaltimento delle acque. Conseguentemente, devono garantire buona aderenza anche in caso di pioggia, evitando aquaplaning ed effetto spray. La percentuale di tali vuoti risulta leggermente inferiore rispetto ai Drenanti tradizionali. Comunque, il contenuto di vuoti deve permettere il fonoassorbimento per risonanza delle onde sonore generate sulla strada, selettivo delle frequenze a seconda delle dimensioni volumetriche delle cavità presenti.

Lo spessore dello strato semidrenante è determinato nella fase progettuale, salvo diverse indicazioni dalla Direzione Lavori. Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d’Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all’inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleverà comunque l’Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.17.2. materiali costituenti

Legante

Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all’Appendice ZA della Norma UNI EN 14023 “Bitume e leganti bituminosi – Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri”. In particolare, le relative caratteristiche sono riportate nella seguente tabella.

Bitume Modificato			Limiti e Classi (UNI EN 14023)
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	45-80 (classe 4)
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 70 (classe 4)
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 12 (classe 6)
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa.s	0,20-0,60
Ritorno elastico a 25°C, 50 mm/min	UNI EN 13398	%	≥ 80 (classe 2)
Stabilità allo stoccaggio, 3 gg a 180 °C - Variazione del Punto di rammollimento	UNI EN 13399	°C	≤ 3 (classe 2)
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1	
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 40 (classe 3)
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 5 (classe 2)
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,3 (classe 2)

aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043.

In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto.

Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/0}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Se richiesto dall'Ente Appaltante o dalla D.L., dovranno essere utilizzati aggregati con resistenza alla frammentazione LA ≤ 18% che saranno riconosciuti economicamente.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 70 (ES ₇₀)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti: L'analisi granulometrica sull'additivo dovrà essere eseguita secondo la Norma UNI EN 933-10.

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RAB}	8÷25 (Δ _{RAB} 8/25)

1.7.17.3. additivi

Aggiunti agli aggregati o al bitume, gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Attivanti di adesione

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti di adesione sono particolari additivi, la cui funzione principale è quella di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione dovrà garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione. Gli additivi dovranno, quindi, evitare lo spogliamento del legante dagli inerti.

L'attivante di adesione dovrà essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, l'additivo potrà essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura , purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11.

Il dosaggio di questi prodotti varierà, generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume, in funzione della natura litologica dell'aggregato lapideo e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). L'aggiunta degli additivi nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

Fibre

Per garantire le prestazioni meccaniche della miscela bituminosa e assicurare la relativa vita utile, dovranno essere aggiunte fibre composte da cellulosa e vetro oppure fibre strutturali. Le fibre dovranno avere funzione stabilizzante ed addensante, per evitare la colatura del legante bituminoso, e fisico-strutturale per il rinforzo della miscela.

Le caratteristiche chimico-fisiche sono riportate nella seguente tabella:

Fibre di additivazione – Cellulosa/Vetro		
Parametro	Unità di misura	Valore
PELLETS		
Diametro medio	mm	4-6
Lunghezza media	mm	3-20
Colore		Da paglierino a marrone scuro
Densità Apparente	g/cm ³	0,50-0,75
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	50-70
Quantità di fibra necessaria per assorbire 5 g di gasolio	g	≤ 4,0
Umidità residua	%	≤ 10
FIBRE		
Lunghezza media	µm	≥ 200

Diametro medio	µm	≥ 7
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 300
Resistenza alla trazione	GPa	≥ 2
Allungamento massimo	%	≥ 2

Fibre di additivazione – Strutturali		
Parametro	Unità di misura	Valore
PELLETS		
Diametro medio	mm	4-6
Lunghezza media	mm	3-20
Colore		Da marrone a nero
Densità Apparente	g/cm ³	0,34-0,55
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	20-45
Quantità di fibra necessaria per assorbire 5 g di gasolio	g	≤ 2,0
Umidità residua	%	≤ 10
FIBRE		
Lunghezza media	µm	≥ 200
Diametro medio	µm	≥ 7
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 300
Resistenza alla trazione	GPa	≥ 2
Allungamento massimo	%	≥ 2

Il prodotto si dovrà presentare sottoforma di granuli addensati (pellets) che saranno opportunamente disgregati, macinati e dosati da apposito macchinario.

La fibra dovrà essere aggiunta direttamente nel mescolatore dell'impianto del conglomerato bituminoso prima della spruzzatura del bitume.

La percentuale di additivazione dovrà essere pari allo 0,20-0,80 % sul peso degli aggregati.

1.7.17.4. miscele

La miscela degli aggregati lapidei dovrà avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-7 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e dovrà essere compresa nei limiti di uno dei fusi riportati di seguito, in funzione dello spessore dello strato da realizzare:

Fuso Granulometrico			Contenuto di bitume su miscela [%] (UNI EN 13108-1)
Serie setacci UNI EN	Passante minimo [%]	Passante massimo [%]	
20	100	100	≥ 4,5 (B _{min} 4,5)
16	90	100	
14	75	100	
12,5	60	90	
10	40	70	
8	30	50	
6,3	25	40	
4	17	31	
2	11	21	
1	10	18	
0,5	8	16	
0,25	6	14	
0,063	4	10	

Riferita al peso della miscela, la percentuale di legante deve essere compresa nei limiti indicati nella tabella precedente.

La quantità ottima di bitume deve essere determinata mediante metodo Marshall (con riferimento alla Stabilità e con provini costipati con 50 colpi di maglio per lato) e, a tale percentuale ottimale, si dovranno rispettare i seguenti requisiti determinati con metodo volumetrico:

Condizioni di prova (UNI EN 12697-31/13108-20)	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-7)
Angolo di rotazione	°	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	Giri/min	30
Pressione verticale	kPa	600 ± 3
Diametro del provino	mm	100
Rotazioni N1	---	10
Rotazioni N2	---	60
Rotazioni N3	---	120

La miscela ottimale dovrà avere le seguenti caratteristiche dopo compattazione a N3:

Risultati richiesti	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13108-7)
Affinità bitume-aggregato – Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 24 (V _{min24})
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 16 (V _{min16})
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	≥ 14 (V _{min14})
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	0,40÷0,80
Coefficiente di Trazione Indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	20 - 250
Sensibilità all'acqua a 15°C (UNI EN 12697-12)	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Perdita di particelle – Cantabro (UNI EN 12697 - 17)	%	≤ 20 (PL 20)
Permeabilità (UNI EN 12697 - 17)	10 ⁻³ m/s	≥ 2,0 (K _{v2.0})
Drenaggio del legante con metodo Schellenberg (UNI EN 12697-18)	%	≤ 0.2

1.7.17.5. confezionamento delle miscele

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

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve

superare lo 0,25% in peso. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui e si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati.

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

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

1.7.17.6. preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire un'adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione emulsioni bituminose modificate. Il prodotto deve avere le seguenti caratteristiche:

Mano d'Attacco - Emulsione bituminosa cationica 60% modificata			
Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Limiti (UNI EN 13808)
Polarità	UNI EN 1430	---	Positiva (Classe 2)
Contenuto di acqua rispetto il peso	UNI EN 1428	%	40±2 (Classe 6)
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	60±2 (Classe 6)
Flussante	UNI EN 1431	%	≤ 2 (Classe 2)
Sedimentazione a 7 g	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70-155 (Classe 3)
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 (Classe 3)
Punto di ramollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60 (Classe 2)
Energia di coesione con duttilometro a 5 °C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3 (Classe 2)
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 50 (Classe 5)

In ogni caso, il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,90-1,10 kg/m².

1.7.17.7. posa in opera delle miscele

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

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

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

Qualora ciò non fosse possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

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

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento pari a 150-170 °C.

La stessa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali potranno pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

La compattazione dei conglomerati bituminosi dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Per gli strati di usura semidrenante dovranno essere utilizzati rulli tutto ferro (8-14 t), di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 3 mm. La miscela bituminosa dello strato di Usura sarà stesa dopo l'accertamento della Direzione Lavori della rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

1.7.17.8. produzione, trasporto e posa con tecnologia a tiepido

La miscela bituminosa può essere prodotta a tiepido, sia su richiesta della Direzione Lavori sia per scelta dell'Azienda produttrice.

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

- La temperatura di produzione minima del conglomerato bituminoso pari a 140 °C allo scarico sul cassone del camion;
- La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stessa, controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 85°C;
- Le prestazioni della miscela tiepida devono essere le medesime di quella calda; pertanto, devono essere rispettate tutte le prescrizioni sopra riportate.

1.7.17.9. accettazione delle miscele

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati e delle marcature CE delle materie prime utilizzate.

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

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso e della sua posa in opera sarà effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aggregato fino	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Filler	Impianto	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Bitume	Cisterna	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Additivi	Contenitori	Giornaliera oppure ogni 2500 m ³ di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Conglomerato bituminoso sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela* e secondo tabella di riferimento precedente
Carote	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	Contenuto di bitume e vuoti secondo studio di prequalifica (≥ 98%) e secondo tabella di riferimento precedente
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia*** ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 1,0
Capacità drenante	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	Secondo tabella di riferimento precedente
Aderenza	Pavimentazione	Aderenza trasversale*** in continuo (CAT) per ogni stesa oppure puntuale (BPN) ogni 100 m di stesa	CAT ₂₀ ≥ 0,55 BPN ≥ 64
Pavimentazione	Superficie	In continuo ad alto rendimento	IRI ≤ 2,0 (mm/m)

* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti:
 - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali;
 - aggregato fino = ± 2 punti percentuali;
 - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali.

2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25 punti percentuali.

** Se determinata con SCRIM, SUMMS o ERMES, il valore sarà così determinato $HS = 0,2 + 0,8 \text{ MPD}$

*** La verifica dell'altezza in sabbia e dell'aderenza trasversale devono essere effettuate in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall'apertura al traffico. Inoltre, il CAT_t deve essere riportato alla temperatura di riferimento a 20°C secondo la seguente formula $CAT_{20} = CAT_t / (0,548 + (44,69 / (t + 80)))$

1.7.17.10. Riduzione livello sonoro

Il controllo della riduzione del livello sonoro, misurato ad una distanza dalla sede stradale non superiore a 10m mediante fonometro, prima della stesa del conglomerato drenante/fonoassorbente e dopo la stesa, dovrà presentare un decremento non inferiore a 1,5 decibel. È di norma effettuato solamente in punti particolari, secondo le indicazioni della Direzioni Lavori.

1.7.18. CONGLOMERATO BITUMINOSO FREDDO PER MANUTENZIONI STRADALI A ELEVATE PRESTAZIONI

1.7.18.1. Descrizione

Capitolato d'appalto - Parte seconda – Opere stradali

Il conglomerato bituminoso freddo “plastico” per riempimento e sistemazione di buche superficiali di qualsiasi dimensione presenti sul piano viabile può essere costituito sia da materiale di primo utilizzo sia da materiale riciclato proveniente dalla demolizione di pavimentazioni bituminose (fresato) per opere di manutenzione.

La mescola (aggregati, fresato, bitume e additivi) è ideale per la manutenzione stradale di piccole, medie e grandi dimensioni fino a qualche decina di metri quadrati (dal riempimento di buche a rappezzi anche di 50 m²). Il materiale plastico potrà essere realizzato mescolando direttamente “in-situ” le materie prime o in un impianto fisso di miscelazione. Inoltre, potrà essere sia sfuso sia in sacchi e/o secchielli pronti all’uso.

Nel caso di utilizzo di fresato, l’additivo-legante dovrà essere costituito da diversi componenti chimici, ognuno dei quali ha una funzione ben precisa nei confronti del bitume presente nel fresato: antiossidante, plastificante, rigenerante, bagnante, diluente e disperdente.

Tutti gli studi delle miscele riguardanti i lavori riportati nelle Norme Tecniche d’Appalto eseguiti dalle imprese esecutrici, dovranno essere presentati alla Direzione lavori con congruo anticipo rispetto all’inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa D.L.. La loro presa visione non solleva comunque l’Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

1.7.18.2. materiali costituenti

Legante

Il bitume totale presente nella miscela sarà formato eventualmente da quello contenuto nel fresato e quello di apporto. Il bitume di apporto per uso stradale dovrà essere provvisto di marcatura CE attestante la conformità all’Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali” con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nell’appendice NA.

Bitume Normale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50-70	70-100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46 - 54	43-51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13302	Pa·s	0,03-0,10	0,02-0,10
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1			
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	50	46
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11
Variazione della massa	UNI EN 12607 - 1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Aggregati

Gli inerti lapidei impiegati nel conglomerato bituminoso dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento 305/2011 sui prodotti da costruzione e dovranno essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall’appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali dovranno essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di inerti dovrà essere costituita da aggregati fini e filler, anche eventualmente d’apporto. Potrà inoltre essere utilizzato materiale riciclato da fresato. L’eventuale fresato (anche il 100%) e gli aggregati dovranno avere un’appropriata granulometria (0/10 mm oppure 0/20 mm), secondo gli utilizzi.

Aggregato grosso

L’aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) dovrà essere totalmente frantumato e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{100/0}
Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV ₄₄)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 0,5 (f _{0,5})

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) dovrà essere costituito da sabbie di frantumazione e/o naturali e dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 75 (SE ₇₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

Filler di Additivazione

In aggiunta a quello proveniente dalle frazioni fini degli aggregati, l'eventuale filler di additivazione dovrà provenire dalla macinazione di rocce calcaree oppure dovranno essere costituiti da cemento o calce idraulica. Comunque, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Passante setaccio UNI 2 mm	UNI EN 933-10	%	100
Passante setaccio UNI 0,125 mm	UNI EN 933-10	%	85÷100
Passante setaccio UNI 0,063 mm	UNI EN 933-10	%	70÷100
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	Δ _{RAB}	8÷25 (Δ _{RAB} 8/25)

Conglomerato riciclato

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato) deriva dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile sia per demolizione e successiva frantumazione, sia con frese direttamente in situ. La classificazione del materiale deve essere eseguita secondo l'UNI EN 13108-8.

La percentuale in peso di materiale riciclato riferito al totale della miscela degli aggregati può essere anche pari al 100%.

In ogni caso il fresato deve essere opportunamente frantumato, vagliato e stoccato adeguatamente per garantire le prestazioni della miscela finale.

1.7.18.3. Additivi

Gli additivi sono prodotti che, aggiunti agli aggregati, al bitume e al fresato, consentono di ottenere le opportune prestazioni dei conglomerati bituminosi plastici; in particolare, devono permettere di mantenere un'adeguata

plasticità, per garantire la corretta lavorabilità. Gli additivi possono essere di diversa natura: vegetale e minerale.

Se è adoperato del fresato, si deve utilizzare opportuno additivo che consenta la rigenerazione del medesimo. In ogni caso è vietato l'utilizzo di additivi a base di oli aromatici.

1.7.18.4. miscele

La miscela bituminosa plastica prodotta con le diverse tecnologie dovrà essere sottoposta a prequalifica di laboratorio e dovrà avere le seguenti prestazioni:

Condizioni di prova			
Condizioni di prova	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Costipamento	UNI EN 12697-34	Colpi per faccia	50
Stabilità Marshall dopo 7gg all'aria a 25°C	UNI EN 12697-34	kN	> 4
Resistenza a trazione indiretta dopo 7gg all'aria a 25°C	CNR n.134/91	kPa	> 50

Un ulteriore requisito riguardante le prestazioni meccaniche delle miscele è richiesto sulla base dei risultati della prova Cantabro. La procedura di prova consiste nell'inserire un provino cilindrico, confezionato con 50 colpi per faccia secondo la metodologia Marshall (UNI EN 12967 – 34), all'interno dell'apparecchiatura Los Angeles eseguendo 300 giri alla velocità di 30 giri/min.

La prova permetterà di determinare la percentuale della perdita in peso media dei provini rispetto al peso iniziale. Nel caso di miscele bituminose a freddo è prevista una stagionatura all'aria dei provini per 28 giorni a 25 °C.

Condizioni di prova			
Condizioni di prova	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Costipamento	UNI EN 12697-34	Colpi per faccia	50
Perdita in peso Cantabro dopo 28 gg all'aria a 25°C		%	< 10

1.7.18.5. confezionamento delle miscele

Le miscele potranno essere prodotte sia a caldo sia a tiepido sia a freddo, in funzione della tecnologia prescelta e degli additivi utilizzati. Esse dovranno essere confezionate in macchine automatizzate, d'idonee caratteristiche, mantenute sempre in perfette condizioni.

In alternativa alla lavorazione con impianto fisso, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere oppure una semplice benna mescolatrice (produzione a freddo).

In tutti i casi, la macchina deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele. Il prodotto finito potrà essere utilizzato sia sfuso, quindi stoccato per l'utilizzo, sia in sacchi e/o secchielli pronti all'uso.

1.7.18.6. posa in opera delle miscele

La posa in opera dovrà avvenire a regola d'arte e si dovrà procedere al livellamento della stesa ed alla compattazione. In particolare si deve prevedere:

- accurata pulizia della zona da riempire e della zona perimetrale esterna ammalorata;
- asportazione di detriti, acqua e materiali limosi;
- spruzzatura uniforme di emulsione bituminosa acida modificata al 55% di bitume;
- posa in opera su tutta la superficie trattata del conglomerato bituminoso freddo, avendo cura di effettuare una congrua colmatura in grado di compensare il calo sotto compattazione;
- compattazione con attrezzature idonee.

Nel caso in cui la superficie trattata sia molto ampia si dovrà eseguire una compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante alternando passaggi statici a passaggi vibranti. Si dovrà avere cura inoltre che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso. Potranno

essere impiegati in alternativa rulli vibranti-gommati.

Il traffico potrà essere ammesso sullo strato applicato a partire da qualche minuto per piccoli interventi (buche-trincee) fino a poche ore (per rappezzi consistenti) a seconda della dimensione dell'area sottoposta alla manutenzione stradale.

1.7.19. STRATI DI USURA COLORATI O A COLORAZIONE NATURALE

1.7.19.1. Generalità

Legante

Il legante per strati di usura dovrà essere sintetico chiaro, altrimenti detto "bitume albino" o bitume trasparente, ed avere le seguenti caratteristiche:

PROPRIETA'		METODO DI TEST	
Penetrazione a 25°C	1/10 mm	EN 1426	50 - 70
Punto di rammollimento (Palla Anello)	C°	EN1427	51 - 57
Densità relativa a 25°C		EN ISO 3838	098 - 1.04
Punto d'infiammabilità (Cleveland)	C°	EN ISO 2592	≥ 230
Punto di fragilità Fraass	C°	EN 12593	-10*
Viscosità dinamica a 160° C	mm ² /s	TOTAL	0.470*
Colore ASTM		ASTM D 1500	≤7
Perdita di masse al riscaldamento		NFT 66.011	≤1
Penetrabilità residua dopo perdita di masse al riscaldamento		EN 1426	96.5*
Temperatura d'impasto			170 - 180
Temperatura di Stockaggio			160 - 170
Temperatura di Stockaggio prolungato (>7gg)			95 - 105
Temperatura di compattazione			140 - 175

(*) valori tipici / (**) valori calcolati

Miscela

Capitolato d'appalto - Parte seconda - Opere stradali

La natura degli inerti dovrà essere scelta al fine di ottenere una colorazione tipo (giallo miele, verde, blue..) usando inerti (calcarei, basaltici, porfido, vetro colorato...). Per la correzione dell'effetto cromatico è possibile l'uso di pigmenti colorati che andranno considerati come filler al fine dello studio della miscela di seguito riportata. Particolare attenzione verrà posta al filler naturale già o presente negli inerti o eventuale filler di recupero che hanno una grossa influenza nel risultato cromatico finale.

1 - Strato di usura – La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel seguente fuso:

Serie Crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso	Passante % totale in peso
	Fuso tipo A	Fuso tipo B
Setaccio 16	100	100
Setaccio 12.5	100	100
Setaccio 8	90 – 100	100
Setaccio 4	40 – 58	44 - 64
Setaccio 2	25 - 38	28 - 42
Setaccio 0,5	10 – 20	12 - 24
Setaccio 0,25	8 – 16	8 - 18
Setaccio 0,063	6 – 10	6 – 10

Sia nella curva di tipo A che di tipo B il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 4,5% ed il 6,1% riferito al peso degli aggregati (EN 12697-1 e 39). Il conglomerato bituminoso di tipo B è ammissibile soltanto nelle zone fredde (Nord Italia o quote elevate). Il fuso A dovrà essere utilizzato per strati di usura di spessore compreso tra 4 e 6 cm. Il fuso B dovrà essere utilizzato per strati di usura di spessore di 3 cm.

Nelle zone con prevalenti condizioni climatiche di pioggia e freddo, dovranno essere progettate e realizzate curve granulometriche di tipo "pezzata" utilizzando il fuso A di cui sopra, con l'obbligo che la percentuale di inerti compresa fra il passante al crivello 5 ed il trattenuto al setaccio 2 sia pari al 10% ±2%.

Per prevalenti condizioni di clima asciutto e caldo, si dovranno usare curve prossime al limite inferiore. Il conglomerato bituminoso dovrà avere i seguenti requisiti:

- a) Elevata resistenza meccanica, cioè capacità a sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli sia in fase statica che dinamica, anche sotto le più alte temperature estive, e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque assetamento eventuale del sottofondo anche a lunga scadenza.

Il valore della stabilità Marshall, eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per ogni faccia, dovrà risultare in ogni caso maggiore o uguale a 10 kN. Inoltre il valore di Rigidezza Marshall, cioè il rapporto tra la Stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere in ogni caso superato a 3 kN/mm (UNI 12697-34:2007).

Gli stessi provini per i quali viene determinata la Stabilità Marshall dovranno presentare un'apercentuale di vuoti residui compresa tra 3-6%. La prova Marshall eseguita su provini che abbiano subito un periodo di immersione in acqua distillata di 15 gg, dovrà dare un valore di stabilità non inferiore al 75% di quello precedentemente indicato.

- b) Elevata resistenza all'usura superficiale
 c) Sufficiente ruvidezza della superficie tale da non renderla scivolosa
 d) Rande compattezza: il volume dei vuoti residui a rullatura terminata dovrà essere compreso fra 4% e 8%.

Ad un anno dalla apertura al traffico, il volume dei vuoti residui dovrà essere compreso tra il 3% e 6% e impermeabilità praticamente total: il coefficiente di permeabilità misurato su uno dei provini Marshall, riferitisi alle condizioni di impiego prescelte, in permeametro a carico costante di 50 cm d'acqua, non dovrà risultare inferiore a 10 - 6 cm/sec.

1.7.20. DETRAZIONI

1.7.20.1. Detrazioni

Nel caso in cui i lavori previsti dalle presenti Specifiche Tecniche, allegata ai singoli Progetti Esecutivi e Contratti d'Appalto, non siano eseguiti in ottemperanza ai requisiti di accettabilità richiesti, la Direzione Lavori in accordo con il Responsabile del Procedimento effettuerà detrazioni sull'importo relativo alle quantità contestate. Le detrazioni saranno sviluppate in funzione della minore quantità, o

peggiore qualità, dei materiali impiegati e della posa in opera.

Nei casi più gravi, come di seguito riportato, si imporrà all'Impresa la completa rimozione ed il rifacimento integrale del componente strutturale della pavimentazione contestato senza oneri aggiuntivi per l'Amministrazione Appaltante.

Per eventuali valori eccedenti il campo di accettabilità dei materiali e dei conglomerati bituminosi per ogni strato, le penalità inerenti le deficienze riscontrate nell'esecuzione dei lavori e le relative detrazioni pecuniarie sono così articolate:

Bitume

Per il bitume prelevato in impianto, ad ogni variazione della penetrazione pari ad un decimo di millimetro, sarà operata una detrazione dell'1% dal prezzo riportato nel Prezzario regionale, per il relativo conglomerato bituminoso prodotto.

Il confronto per la determinazione delle variazioni sarà eseguito rispetto ai limiti di accettabilità esposti nelle specifiche tecniche del conglomerato bituminoso di cui al Cap. 13.

Per variazioni del contenuto di bitume superiori a 0.25 rispetto al peso degli inerti (in valore assoluto), per ogni 0,1 punti di percentuale in più, sarà applicata una detrazione pari all'1% sul prezzo del Prezzario regionale

Percentuale di bitume

Per ogni 0,1% in massa riferita alla massa dell'impasto bituminoso, in meno rispetto al minimo richiesto, verrà applicata una detrazione pari all'1% del prezzo del Prezzario regionale.

Penetrazione

Per valutare un anomalo indurimento del legante bituminoso si ricorrerà alla determinazione della penetrazione (CNR 24/71) sui bitumi estratti con il metodo Abson in conformità a B.U. del CNR n. 133, da conglomerati bituminosi per strati di base, collegamento e usura.

Con riferimento ai tre tipi di bitume reperibili sul mercato a disposizione delle imprese i valori della penetrazione valutata sul bitume estratto da campioni di conglomerato bituminoso prelevati durante e dopo la posa in opera (non oltre 6 mesi), dovrà risultare corrispondenti ai valori sotto riportati:

Bitume di normale produzione per uso stradale di penetrazione	60-70	80-100	180-200
Penetrazione a 25° del bitume estratto (dmm)	>35	>40	>70

Ad ogni variazione in meno rispetto ai limiti della tabella sopra riportata pari ad un decimo di millimetro, sarà operata una detrazione dell'1% dal prezzo riportato nel Prezzario regionale, per il relativo conglomerato prodotto.

Spessori

Qualsiasi insufficienza di spessore di uno strato, valutabile in un valore inferiore al 93% dello spessore di progetto, comporterà una penalità applicata alla superficie di pavimentazione a cui si riferiscono le misure, per tratti omogenei:

- detrazione del 20% per spessori compresi tra il 90% e il 93 % rispetto allo spessore di progetto;

- detrazione del 35% per spessori compresi tra il 90% e il 80 % rispetto allo spessore di progetto;
- detrazione del 50% per spessori compresi tra il 80% e il 70 % rispetto allo spessore di progetto;
- rifacimento a spese dell'appaltatore per spessori inferiori al 70%.

Densità

Detrazioni sul prezzo di elenco saranno attuate anche in caso di densità inferiori rispetto a quella di progetto, per tratti omogenei:

detrazione del 10% per densità in sito comprese tra il 94% e il 97 % rispetto alla densità di progetto;

detrazione del 20% per densità in sito comprese tra il 90% e il 94 % rispetto alla densità di progetto;

rifacimento per densità inferiori al 90%.

Vuoti residui

Nel caso vengano riscontrati valori dei vuoti residui in opera, misurati mediante carotaggio e determinazione in laboratorio secondo

B.U. del CNR n. 39 nei diversi strati che compongono le pavimentazioni bituminose, si applicheranno le seguenti detrazioni

Negli strati di base in tout-venant bitumato saranno applicate le seguenti detrazioni sul prezzo del Prezzario regionale:

- 1% per percentuali comprese tra 10,1 e 11 %
- 2% per percentuali comprese tra 11,1 e 12 %
- 5% per percentuali comprese tra 12,1 e 13 %
- 8% per percentuali comprese tra 13,1 e 14 %
- 15% per percentuali comprese tra 14,1 e 16 %

rimozione gratuita e nuova posa in opera della struttura bituminosa oltre il 16 % di vuoti residui.

Per gli strati di collegamento (binder) saranno applicate le seguenti detrazioni per vuoti residui in eccesso:

- 1% per percentuali comprese tra 8,1 e 10 %
- 2% per percentuali comprese tra 10,1 e 11 %
- 5% per percentuali comprese tra 11,1 e 12 %
- 8% per percentuali comprese tra 12,1 e 13 %
- 15% per percentuali comprese tra 13,1 e 15 %

rimozione gratuita e nuova posa in opera della struttura bituminosa per strati di collegamento con oltre il 15 % di vuoti residui. Per i manti di usura saranno applicate le seguenti detrazioni per vuoti residui in eccesso:

- 2% per percentuali comprese tra 7,1 e 9 %
- 5% per percentuali comprese tra 9,1 e 10 %
- 8% per percentuali comprese tra 10,1 e 11 %
- 15% per percentuali comprese tra 11,1 e 12 %
- 30% per percentuali comprese tra 12,1 e 14 %

rimozione gratuita e nuova posa in opera della struttura per manti superficiali posti in opera con oltre il 14 % di vuoti residui.

Caratteristiche superficiali

Detrazioni sul prezzo di elenco saranno attuate anche in caso di caratteristiche superficiali non conformi a quella di progetto, per tratti omogenei, con prove eseguite entro 3 mesi dall'apertura al traffico. In particolare:

L'Impresa è tenuta a garantire la sicurezza per gli utenti del nuovo piano viabile: dovrà dunque certificare con prove con pendolo portatile, secondo B.U. del CNR n. 105, che la strada non è scivolosa.

Pertanto:

se il valore del BPN, misurato con apparecchio a pendolo portatile, entro tre mesi dall'apertura al traffico del nuovo manto di usura, risulta inferiore a 65 ma superiore a 55 verrà applicata una detrazione pari al 10% del prezzo dell'Elenco Prezzi.

Qualora il valore del BPN risultasse inferiore a 55 ma superiore a 45, verrà applicata una detrazione pari al 20% del prezzo del conglomerato bituminoso per manto d'usura previsto dall'Elenco Prezzi. La riduzione verrà estesa a tutta la superficie posta in opera

dall'Impresa nell'intervento di riabilitazione stradale.

Qualora il valore fosse inferiore a 45 si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa dello strato di usura con fresa ed alla formazione di un nuovo strato che ottemperi alle Specifiche Tecniche.

Si applicheranno inoltre, in relazione al valore dell'altezza di sabbia (HS), le seguenti detrazioni:

detrazione del 15% per altezza in sabbia (HS) compresa tra il 0.25 mm e 0.40 mm;

rifacimento per altezza in sabbia (HS) inferiore a 0.25 mm;

Penali specifiche per strati di pavimentazione drenanti:

Per i soli strati di pavimentazione drenanti si applicheranno le seguenti ulteriori penali in caso di mancato rispetto delle proprietà sotto elencate.

Caratteristiche superficiali

Detrazioni sul prezzo di elenco saranno attuate anche in caso di caratteristiche superficiali non conformi a quella di progetto, per tratti omogenei, con prove eseguite entro 3 mesi dall'apertura al traffico. In particolare e in ogni caso si applicherà una detrazione del 15%

per aderenza superficiale (BPN) compresa tra 40 e 50 mentre per valori inferiori a 40 la Direzione lavori imporrà il rifacimento integrale dello strato .

Capacità drenante

In caso di capacità drenante inferiore a quanto prescritto sarà applicata una riduzione del prezzo uguale al 10%, comprensivo della mano d'attacco.

1.8. COLMATURA PROVVISORIA DI BUCHE NELLE PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

L'operazione dovrà essere eseguita con conglomerato bituminoso tipo plastico, confezionato con graniglie calcaree e bitume liquido attivato.

La colmatatura delle buche deve considerarsi intervento provvisorio in attesa di rifacimenti o ripristini definitivi.

Prima di essere riempita, la buca dovrà essere accuratamente pulita e regolarizzata sia nel fondo che nei fianchi; a riempimento avvenuto si dovrà procedere per quanto necessario al costipamento manuale o con l'impiego di mezzi meccanici del materiale impiegato.

Durante l'intervento sarà a carico e sotto la responsabilità totale dell'appaltatore la posa in opera degli sbarramenti e della segnaletica conforme alle normative vigenti ed in particolare al Nuovo codice della Strada così come la raccolta dei detriti e la pulizia dei luoghi di intervento.

1.9. RAPPEZZATURA PROVVISORIA

La rappezzatura provvisoria dei manti in sede stradale e su marciapiedi con conglomerato bituminoso tipo plastico o con conglomerato bituminoso a freddo ad elevate prestazioni da impiegarsi preferibilmente nelle giornate piovose o con basse temperature, confezionato

con graniglie calcaree e bitume liquido attivato deve considerarsi intervento provvisorio in attesa di rifacimenti o ripristini definitivi.

Prima di essere eseguito, il rappizzo dovrà essere accuratamente pulito e regolarizzato sia nel fondo che nei fianchi; a riempimento avvenuto si dovrà procedere per quanto necessario al costipamento manuale o con l'impiego di mezzi meccanici del materiale impiegato.

Durante l'intervento sarà a carico e sotto la responsabilità totale dell'appaltatore la posa in opera degli sbarramenti e della segnaletica conforme alle normative vigenti ed in particolare al Nuovo codice della Strada così come la raccolta dei detriti e la pulizia dei luoghi di intervento.

1.10. SEGNALETICA FISSA

1.10.1. NORME TECNICHE PER SEGNALETICA STRADALE

I segnali dovranno rispettare le prescrizioni:

- del D.L. 30.4.92 n. 185 "NUOVO CODICE DELLA STRADA" e successive modificazioni;
- del D.P.R. 16.12.92 n. 495 Regolamento di esecuzione e di Attuazione del Nuovo Codice della Strada e successive modificazioni;
- dalle circolari e disciplinari del Ministero LL.PP. in materia.

Alle citate Circolari e Disciplinari si rimanda per quanto attiene colori, visibilità diurna e notturna, dimensioni e forme, installazioni, caratteristiche dei sostegni e supporti, coordinate colorimetriche, simboli, iscrizioni, riflettanza, eccetera. Per argomenti trattati da più circolari e Disciplinari ci si riferirà a quella più recente ed aggiornata.

Si rimanda, per quanto di competenza sulla viabilità comunale, anche al Capitolato Segnaletica orizzontale e verticale dell'Autostrada e sue pertinenze, allegato al presente progetto.

1.10.2. SEGNALETICA ORIZZONTALE

1.10.2.1. Condizioni operative

I lavori di segnaletica orizzontale non potranno essere eseguiti quando si verifichi anche una sola delle seguenti condizioni:

- umidità relativa superiore all'80%;
- temperatura inferiore ai +5° C;

presenza sul manto stradale di neve, grandine e acque meteoriche. In caso di contestazione faranno fede i dati rilevati dall'Ufficio Meteorologico dell'Osservatorio di Brera. La ditta appaltatrice dovrà provvedere a suo carico alla preparazione del fondo stradale affinché lo stesso sia idoneo alla successiva posa del segno, compresa la completa cancellazione delle tracce di segni preesistenti. I procedimenti ed i prodotti impiegati non dovranno danneggiare il manto stradale.

Le caratteristiche funzionali necessarie per garantire l'idoneità dei prodotti per la segnaletica orizzontale stradale nei centri urbani sono la visibilità diurna, la resistenza all'usura, l'antiscivolosità, la visibilità notturna, l'aspetto e la vita utile.

Attraverso l'osservazione delle elencate caratteristiche viene individuata l'accettabilità del segnale orizzontale.

1.10.2.2. Visibilità diurna.

La segnaletica orizzontale, data la sua funzione di guida ottica e di localizzazione di attraversamenti pedonali ed altri punti importanti della viabilità urbana, deve essere sempre ben visibile.

Riveste molta importanza il colore del fondo stradale in quanto il contrasto cromatico fra il fondo ed il segnale è elemento a volte determinante per buona visibilità.

La misurazione del fattore di luminanza in condizioni di luce diffusa Qd, misurato sempre in mm. Cd-lux, che rappresenta il dato più interessante per la segnaletica orizzontale nei centri urbani, stabilisce comunque il grado di visibilità anche in presenza di fondi molto chiari.

1.10.2.3. Resistenza all'usura

Si fa convenzionale riferimento all'integrità dell'elemento di segnaletica, mediante la stima dell'ammontare visibile del segnale, della presenza di lesioni, distacchi, asportazioni, deformazioni ed altre irregolarità.

1.10.2.4. Antiscivolosità

Ciascun elemento di segnaletica orizzontale dovrà possedere caratteristiche di scivolosità il più possibile simili a quelle della pavimentazione stradale su cui viene applicato.

Il valore di STR non dovrà mai risultare un valore inferiore a 45 e non potrà essere al di sotto dell'ottanta per cento del valore della superficie circostante.

1.10.2.5. Visibilità notturna

La visibilità notturna (RI), intesa come retroriflessione data per la luce inviata dai fari degli autoveicoli, nei centri urbani, essendo le vie illuminate, assume minore importanza che non sulle strade extraurbane dove è essenziale.

1.10.2.6. Aspetto

L'aspetto deve essere valutato con giudizio visivo con lo scopo di poter esprimere un giudizio globale sulle caratteristiche di gradevolezza, di brillantezza del colore anche in funzione del contrasto di colore della pavimentazione e conservazione dell'integrità della superficie del segnale.

Affinché l'elemento di segnaletica sia dichiarato ancora idoneo, l'aspetto dovrebbe evidenziare l'efficienza della superficie per almeno l'80% della sua area e non so dovranno evidenziare deformazioni e distacchi di parti dell'elemento di segnaletica osservato.

1.10.2.7. Vita utile

La vita utile o durata di un elemento di segnaletica è definita dal tempo in cui tutte le caratteristiche presentano valori conformi ai limiti prescritti.

La mancanza di una delle caratteristiche in quanto fuori dai valori prescritti, determina la fine della vita utile o durata della segnaletica.

1.10.2.8. Criteri di accettazione dei materiali

I prodotti impiegati per l'esecuzione della segnaletica orizzontale di cui al presente capitolato devono risultare conformi a quanto riportato nei successivi capitoli i quali si richiamano alla norma UNI EN 1436.

La idoneità dei prodotti potrà, in ogni momento, essere controllata su strada con gli appositi strumenti normalizzati.

Prima della consegna dei lavori, è richiesta una prova pratica su strada a dimostrazione della idoneità dei prodotti nonché del metodo di applicazione.

Dopo l'approvazione, da parte della direzione lavori, del campione applicato su strada, si potrà procedere al proseguimento dei lavori. I campioni dei materiali impiegati saranno depositati presso gli uffici dell'ente appaltante in recipienti sigillati e firmati dall'impresa e dalla direzione lavori. Sulle confezioni dovranno apparire:

Nome commerciale del prodotto, accompagnato dalle modalità di applicazione con istruzioni dettagliate sulle quantità per mq utilizzate e sugli spessori in caso.

Pittura a solvente o a base acqua con sfere di vetro premiscelate: Fattore di luminanza $BY \geq 0,40$

Coefficiente di luminanza retroriflessa $RI \geq 35$

Coefficienza di luminanza retroriflessa alla luce del giorno o n presenza di illuminazione stradale (luce diffusa) $Qd \geq 80$

Coefficiente di resistenza al derapaggio $SRT \geq 45$

Eventuale ritenzione di sporco anche dovuta a fenomeni elettrostatici verrà valutata come alterazione di colore. E' inoltre stabilito che tutti i materiali prima del loro impiego, devono ottenere l'approvazione della Direzione Lavori.

1.10.2.9. Laminati plastici per segnaletica orizzontale

Tempo di essiccazione dell'adesivo: il tempo di essiccazione dovrà essere non superiore a 60' con temperatura di 15° C +/- 2° C e umidità relativa 60% +/- 5%.

Scivolosità: Il grado di scivolosità misurato con apparecchio SKID Tester non dovrà essere al di sotto del 60% di quello della pavimentazione non verniciata circostante; in ogni caso il valore assoluto non dovrà essere inferiore a 40.

Stabilità dei colori: I colori dei segni non dovranno subire alterazioni nel tempo oltre i valori di seguito precisati: la tonalità del bianco non dovrà variare al di sotto del valore 2/3 della scala ICI (BS 2663/1961) (Imperial Chemical Industries);

la tonalità del giallo dovrà essere compresa nella porzione di spazio del diagramma cromatico CIE (Commission Internationale dell'Eclairage) delimitata dalle coordinate fissate nella circolare 954 in data 20.12.1969 del Ministero LL.PP. In caso di contestazione saranno insindacabilmente accettati i risultati delle analisi fatte presso l'Istituto Elettrotecnico Galileo Ferraris di Torino.

Eventuale ritenzione di sporco anche dovuta a fenomeni elettrostatici verrà valutata come alterazione di colore. Resistenza ai lubrificanti ed agli agenti atmosferici

Le caratteristiche richieste ai prodotti non dovranno essere alterate dall'azione di lubrificanti, di agenti atmosferici ecc. Resistenza all'asportazione

Ogni segno sarà ritenuto efficiente quando non risulti asportata più del 20% della superficie del segno.

Adesività: i segni dovranno conservare la loro perfetta adesione al manto e non si dovranno riscontrare deformazioni o slittamenti. Spessore

La lamina impiegata dovrà avere lo spessore di almeno 1,5 mm.

1.10.2.10. Colati plastici a freddo per segnaletica orizzontale

Colato plastico a freddo bicomponente per l'esecuzione di passaggi pedonali, linee di mezzzeria, scritte, zebraure, linee di arresto, simboli ecc.

Caratteristiche fisiche del colato plastico applicato su pavimentazione: Rilievi su pavimentazione asciutta

- Fattore di Luminanza $B Y \geq 0,50$
- Coefficiente di luminanza retroriflessa $R_l \geq 50$
- coefficiente di luminanza retroriflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale (luce diffusa) $Q_d \geq 150$

Misura della resistenza di attrito radente con il pendolo British Portable Skid Resistance Tester SRT ≥ 45

Residuo secco del prodotto allo stato solido rispetto allo stato fluido $> 98\%$

- Tempo di indurimento a 20° 15 Minuti Colato plastico a freddo bicomponente applicato con macchina operatrice per l'esecuzione di linee di mezzzeria su strade scarsamente illuminate o non illuminate: Caratteristiche fisiche su pavimentazione asciutta:

- Fattore di Luminanza $B Y \geq 0,30$ - Coefficiente di luminanza retroriflessa $R_l \geq 150$ Coefficiente di luminanza retroriflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale (luce diffusa) $Q_d \geq 130$ Misura della resistenza di attrito radente con il pendolo British Portable Skid Resistance Tester SRT (su bagnato) ≥ 45 Residuo secco del prodotto allo stato solido rispetto allo stato fluido $> 98\%$ Tempo di indurimento a 20° 10 minuti

16.2.10.3 Colato plastico a freddo bicomponente applicato con macchina operatrice per l'esecuzione di linee di mezzzeria e marginali con il sistema a Profilo Variabile o con sistema a goccia con lo scopo di ottenere

visibilità notturna anche in presenza di strada bagnata e pioggia e un effetto vibratorio ed acustico in caso di transito da parte delle ruote dei veicoli, l'applicazione può essere utilizzata su strade scarsamente illuminate o non illuminate o nelle grandi arterie di penetrazione nei centri abitati: Caratteristiche fisiche su pavimentazione asciutta:

-Fattore di Luminanza $B Y \geq 0,30$ - Coefficiente di luminanza retroriflessa $R_i \geq 150$ Coefficiente di luminanza retroriflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale (luce diffusa) $Q_d \geq 130$ Misura della resistenza di attrito radente con il pendolo British Portable Skid Resistance Tester SRT (su bagnato) ≥ 45 Residuo secco del prodotto allo stato solido rispetto allo stato fluido $>98\%$ Tempo di indurimento a 20° 10 minuti
Caratteristiche fisiche su pavimentazione bagnata: - Coefficiente di luminanza retroriflessa $R_i \geq 35$ 16.2.10.4 Laminato elastoplastico.

Caratteristiche fisiche su pavimentazione asciutta:

-Fattore di Luminanza $B Y \geq 0,50$ - Coefficiente di luminanza retroriflessa $R_i \geq 150$ Coefficiente di luminanza retroriflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale (luce diffusa) $Q_d \geq 150$ Misura della resistenza di attrito radente con il pendolo British Portable Skid Resistance Tester SRT (su bagnato) ≥ 55 16.2.10.5) Pittura a solvente o a base acqua con sfere di vetro premiscelate: - Fattore di luminanza $B Y \geq 0,40$ - Coefficiente di luminanza retroriflessa $R_i \geq 35$ Coefficiente di luminanza retroriflessa alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale (luce diffusa) $Q_d \geq 80$ Coefficiente di resistenza al derapaggio SRT ≥ 45

1.10.3. . SEGNALETICA VERTICALE

La ditta dovrà presentare una dichiarazione impegnativa sulla garanzia di durata dei prodotti che verranno consegnati. Dovranno essere inoltre indicati i produttori dei componenti non prodotti dalla ditta aggiudicataria.

CARTELLI

Dovranno essere conformi alle prescrizioni del:

- a) Nuovo Codice della Strada - DL n° 285 del 30/04/92
- b) Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada - DPR n° 495 del 16/12/95; Per quanto non in contrasto con i predetti DL e DPR dal:
- c) DM Min.LL.PP.del 31/03/95 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 09/05/95)
- d) altri decreti, disciplinari e circolari del Min.dei LL.PP.in materia.

Alle citate circolari e disciplinari si rimanda per quanto attiene ai colori, alla visibilità diurna e notturna, dimensioni e forme, caratteristiche dei supporti e sostegni, coordinate colorimetriche, simboli, iscrizioni, riflettanza, ecc.; Per argomenti trattati da più circolari e disciplinari ci si riferirà a quella più recente ed aggiornata.

SUPPORTI

Dovranno essere realizzati in laminato di alluminio puro al 99,5% - 1050 a (UNI 4507) valori aggiornati con Norme UNI FA 60 Edizione Luglio 1975.

Lo spessore del laminato dovrà essere non inferiore a 0,0025 metri.

Il supporto dovrà essere scatolato (bordatura d' irrigidimento su tutto il perimetro).

Sul retro dovrà essere munito di attacchi scanalati ove verranno alloggiare le staffe per l' applicazione dei sostegni.

Gli attacchi scanalati dovranno essere resi solidali al supporto con idoneo numero di punti di saldatura che ne impediscano il minimo distacco in fase di serraggio delle staffe con gli appositi dadi e bulloni, o con nastro d' acciaio.

Gli attacchi scanalati e le staffe dovranno inoltre essere dimensionati in modo tale da non subire la pur minima deformazione in detta fase di serraggio.

La faccia posteriore dovrà essere verniciata in grigio neutro.

I supporti di superficie superiore a mq 0,4 dovranno essere rinforzati posteriormente con profilati di alluminio scanalato di larghezza pari a quella della targa ed in numero di due per il primo metro di altezza, più uno ogni metro o frazione di metro successivo.

Nella scanalatura verranno alloggiare le relative staffe per l'applicazione sui sostegni.

ACCESSORI E TRATTAMENTI

I bulloni e i dadi dovranno essere in acciaio INOX e le staffe in acciaio INOX o alluminio.

I supporti di tutti i cartelli stradali, pannelli, ecc., costruiti con laminati di alluminio, dovranno essere verniciati sulla faccia posteriore (colore grigio neutro).

Il tipo di vernice e di tecnica per l'esecuzione della verniciatura, dovranno essere i più idonei e rispondenti al tipo di materiale in questione, anche in funzione dell'esposizione agli agenti atmosferici.

Sulla faccia anteriore (faccia a vista) del supporto dovrà essere applicato il simbolo realizzato con pellicola rifrangente a normale efficienza luminosa o ad elevata efficienza luminosa, le cui caratteristiche sono indicate nelle presenti norme tecniche.

Sul retro del supporto andrà riportata la scritta del Comune, l'anno di costruzione, il nome del costruttore ed ogni altra indicazione prevista dal Codice della Strada e dalle altre normative in materia in vigore al momento dell'offerta.

PELLICOLE RETRORIFLETTENTI

Le pellicole retroriflettenti dovranno essere conformi alle prescrizioni del:

- a. Nuovo Codice della Strada - DL n° 285 del 30/04/92
- b. Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada - DPR n° 495 del 16/12/95; Per quanto non in contrasto con i predetti DL e DPR dal:
- c. DM Min. LL.PP. del 31/03/95 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale del 09/05/95)
- d. altri decreti, disciplinari e circolari del Min. dei LL.PP. in materia.

CARATTERISTICHE MECCANICHE E QUALITÀ' DEI SOSTEGNI PER SEGNALETICA VERTICALE FISSA.

I sostegni a palo per i segnali verticali saranno costituiti da paline tubolari diam.60 mm in acciaio Fe 360 spessore minimo 3 mm. Le paline in acciaio saranno zincate a caldo (spessore della zincatura di almeno 80 micron).

La zincatura dovrà coprire integralmente il sostegno senza che vi siano punti di discontinuità sulla superficie.

La parte superiore dei sostegni tubolari sarà chiusa alla sommità con tappo in plastica; quella inferiore avrà un foro alla base per il fissaggio del tondino di ancoraggio saldato diam.10 mm, lunghezza 200 mm compreso nella fornitura, e comunque conformemente alle prescrizioni previste all'art.82 DPR n° 495 del 16/12/92.

1.10.4. SEGNALETICA INERENTE ALLA VIABILITÀ ESISTENTE

Per le zone non direttamente interessate dai lavori, ma in consegna, la segnaletica sia verticale che orizzontale deve essere mantenuta in efficienza a cura e spese dell'Appaltatore, che se ne assume la responsabilità della perfetta efficienza funzionale di ogni apparato segnaletico, sia singolo che complessivo.

1.10.5. SEGNALETICA INERENTE ALLA VIABILITÀ PROVVISORIA

Dovranno in ogni caso essere previste fasi di lavoro atte a garantire la continuità del traffico sia pubblico che privato; tutte le eventuali deviazioni provvisorie dovranno essere concordate con la D.L. per le successive approvazioni.

Ogni eventuale intervento dovrà essere preceduto da opportuni sopralluoghi con i tecnici della Polizia Municipale al fine di concordare in dettaglio i tempi, le larghezze ed il tracciato delle carreggiate e dei percorsi pedonali, le conseguenti segnalazioni verticali e

orizzontali e quanto altro necessario.

L'Appaltatore oltre che all'elaborazione dell'eventuale progetto di viabilità provvisoria, da sottoporre alle approvazioni sopra citate, è tenuto a provvedere a sua cura e spese a tutte le sistemazioni superficiali provvisorie e definitive connesse con l'andamento dei lavori compresa la predisposizione di segnaletica orizzontale e verticale e l'assistenza per le opere murarie occorrenti all'AEM per l'installazione di eventuali impianti semaforici e d'illuminazione pubblica provvisori.

In tutte le fasi di lavoro dovrà essere consentito l'accesso alle proprietà private, anche con l'eventuale ausilio di passerelle pedonali ed impalcati di tipo stradale.

Resta precisata in ogni caso la totale responsabilità dell'Appaltatore sulla attivazione tempestiva e sistematica dei segnali luminosi e della manutenzione per la perfetta efficienza funzionale di ogni apparato segnaletico, sia singolo che complessivo.

L'adozione dei necessari dispositivi segnaletici in corso d'opera (coni, birilli, cavalletti, sbarramenti, recinzioni, cartelli, torce, fanali lampeggianti, ecc.) comporta sempre e inderogabilmente la conformità alle prescrizioni del Vigente Codice della Strada nonché della

Vigilanza Urbana, a cura e per la responsabilità dell'Appaltatore.

Il progetto della segnaletica orizzontale e verticale verrà predisposto dall'Appaltatore, tale progetto verrà trasmesso al Comune che ne approverà la stesura in accordo con la Divisione Traffico della Polizia Municipale.

L'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spesa all'esecuzione della segnaletica verticale ed orizzontale sulle vie e piazze interessate dalla nuova sistemazione superficiale comprese le vie limitrofe coinvolte.

1.10.6. GARANZIE SULLA SEGNALETICA FISSA

I segnali verticali (i supporti, gli elementi strutturali in alluminio, i sostegni materiali di carpenteria), saranno tali per composizione e lavorazione da consentire una durata pari a quella dei prodotti retroriflettenti impiegati (7 anni per i segnali in classe I e 10 anni per quelli in classe II).

I segnali orizzontali dovranno essere garantiti per un periodo di tre anni dalla data della applicazione.

1.11. SPURGO POZZETTI STRADALI E DISOSTRUZIONI RELATIVE TUBAZIONI DI SCARICO

Le operazioni di spurgo dei pozzetti stradali dovranno avvenire previa apposizione di idonee transennature e segnaletica rispondente alla normativa vigente ed in particolare al Nuovo codice della Strada; si provvederà a seguito dell'apertura del coperchio o della griglia del pozzetto alla pulizia dal materiale inerte del pozzetto stesso al fine di individuare e liberare il sifone o la tubazione di scarico in partenza, successivamente mediante idonea macchina autocarrata tipo "combinata", munita di tutte le autorizzazioni di legge, si provvederà allo spurgo del pozzetto, del sifone, del tratto di allacciamento alla fognatura e di tutta la tubazione di scarico. Pertanto il mezzo utilizzato, in tutto conforme a quanto richiesto dalla D.L. e manovrato da operai ed operatori specializzati, dovrà essere munito di sonda, lancia in pressione ed ogni altra attrezzatura necessaria sia per lo spurgo del pozzetto che per la disostruzione delle tubazioni di scarico degli stessi.

1.12. TESSUTO NON TESSUTO

I requisiti di accettabilità per il materiale geotessile da porre in opera a diversi livelli nella sovrastruttura stradale dovranno essere i seguenti:

a)	Massa (CNR 110/85) in g/m ²	200	250	300	400
b)	Spessore sotto carico di 0,5 kPa	1,8	2,3	2,5	3,3
c)	Resistenza a trazione (UNI 8639), daN/5cm	80	118	130	170
d)	Allungamento (UNI 8639). %	75	80	80	90

e)	Punzonamento CBR (UNI 8279/9),190 daN	220	280	350
----	---------------------------------------	-----	-----	-----

1.13. BARRIERE DI SICUREZZA NEW JERSEY PER PROTEZIONE AREE DI CANTIERE

Saranno realizzate in calcestruzzo con inerti di granulometria adeguata ed eventualmente con aggiunta di appositi additivi in modo tale da avere una resistenza caratteristica non inferiore a 350 kg/cm², dovranno presentare aspetto liscio, con bordi smussati o arrotondati; dovranno avere una massa compatta, priva di vuoti, ed a ridottissime capacità igroscopiche per garantire una durabilità almeno trentennale. Sarà presente una debole armatura metallica ad aderenza migliorata.

Le parti terminali dovranno presentare una staffa metallica zincata opportunamente ancorata nel calcestruzzo per l'alloggiamento dei bulloni di collegamento alle staffe metalliche analogamente ancorate all'elemento successivo, in modo da costituire continuità strutturale alle spinte laterali.

Al disopra del filo del calcestruzzo, in caso di ponti, potrà essere richiesto un corrimano metallico tubolare opportunamente ancorato

in apposite sedi già predisposte nel calcestruzzo stesso.

La sezione sarà quella prevista in progetto (piano della sicurezza).

Gli oneri per la predisposizione delle zone di appoggio a terra degli elementi, nonché le cautele per l'evacuazione delle acque piovane al disotto degli elementi, saranno a carico dell'Appaltatore, così pure l'installazione di dispositivi rifrangenti a distanze non superiori a 12 m.

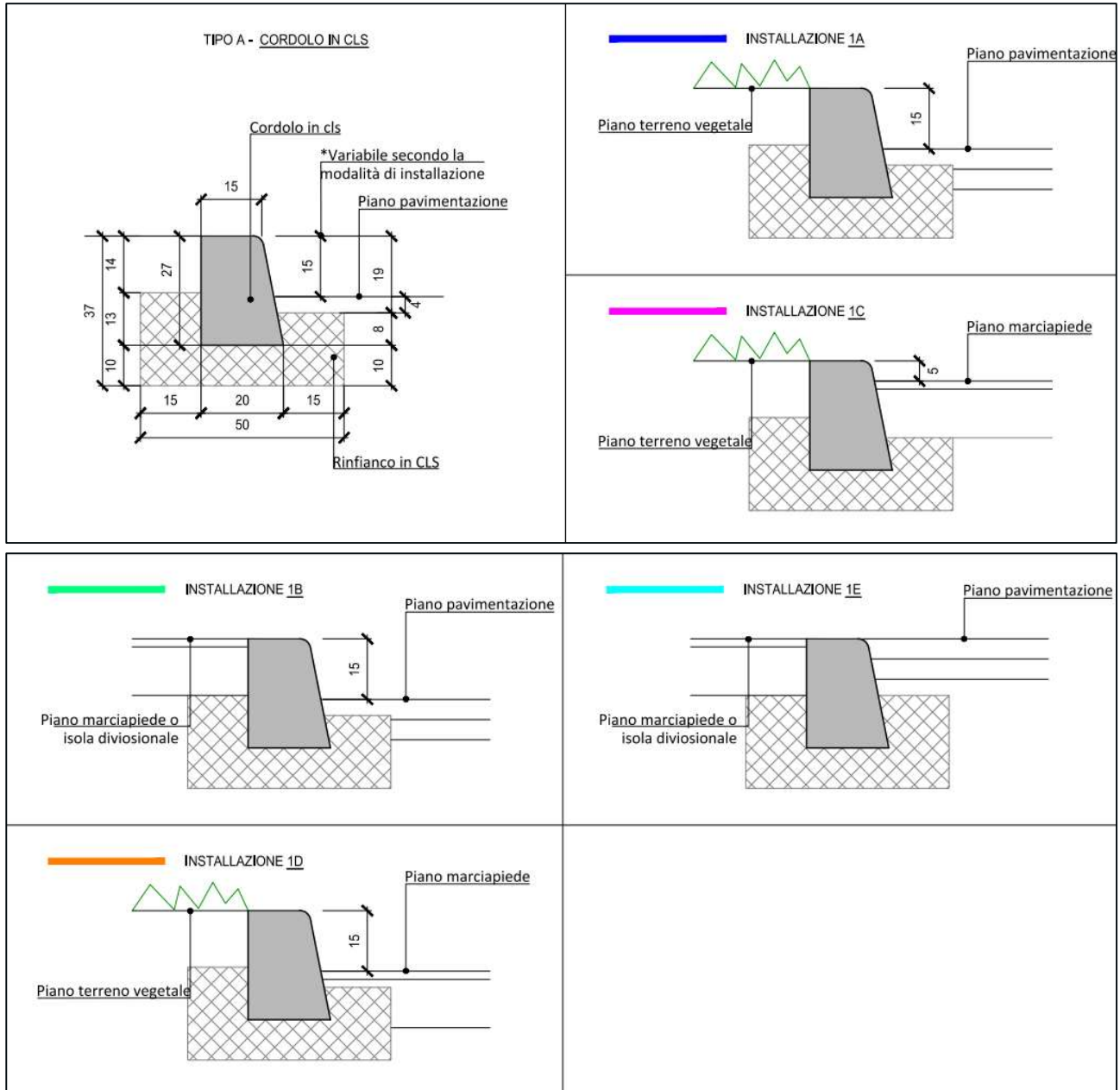
1.14. POLIFORE PORTACAVI

Le polifore portacavi potranno essere eseguite con manufatti in cemento conglomerato prefabbricato o con tubi in pvc distanziati fra loro di 30 mm, mediante appositi distanziatori rinfiancate con getto di calcestruzzo per almeno cm 10 per lato e ricoperte per uno spessore non inferiore a 10 cm.

I condotti portacavi, cavi o tubazioni sotterranee esistenti che venissero manomessi durante i lavori, se non diversamente prescritto, dovranno essere ripristinati nella medesima posizione.

In corrispondenza degli incroci stradali manomessi o di nuova formazione occorre prevedere la posa su ogni lato dell'incrocio medesimo un manufatto portacavi di almeno 9 fori diametro 160 mm, salvo diversa previsione progettuale o prescrizione da parte della D.L.

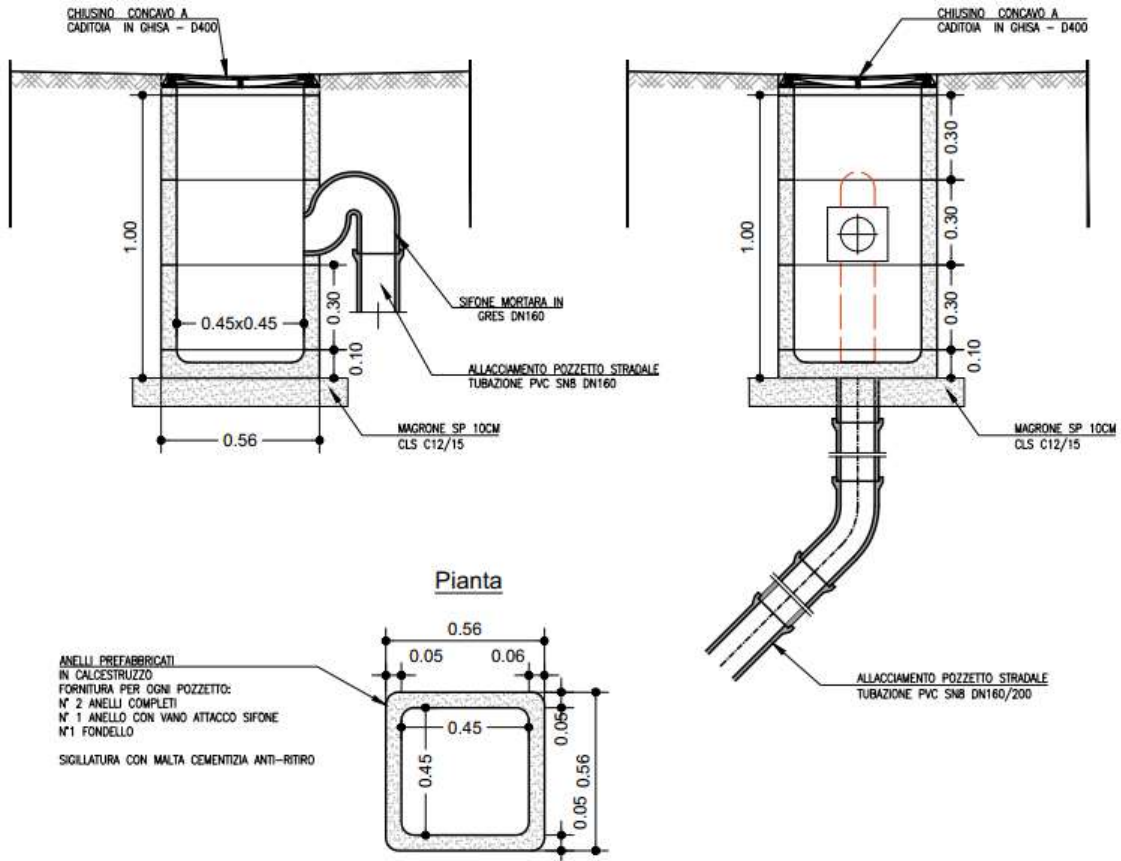
1.15. ALLEGATI – SCHEMI GRAFICI



CADITOIA STRADALE

dim. int. 0.45 x 0.45 m

SCALA 1:20
Quotatura in (m)



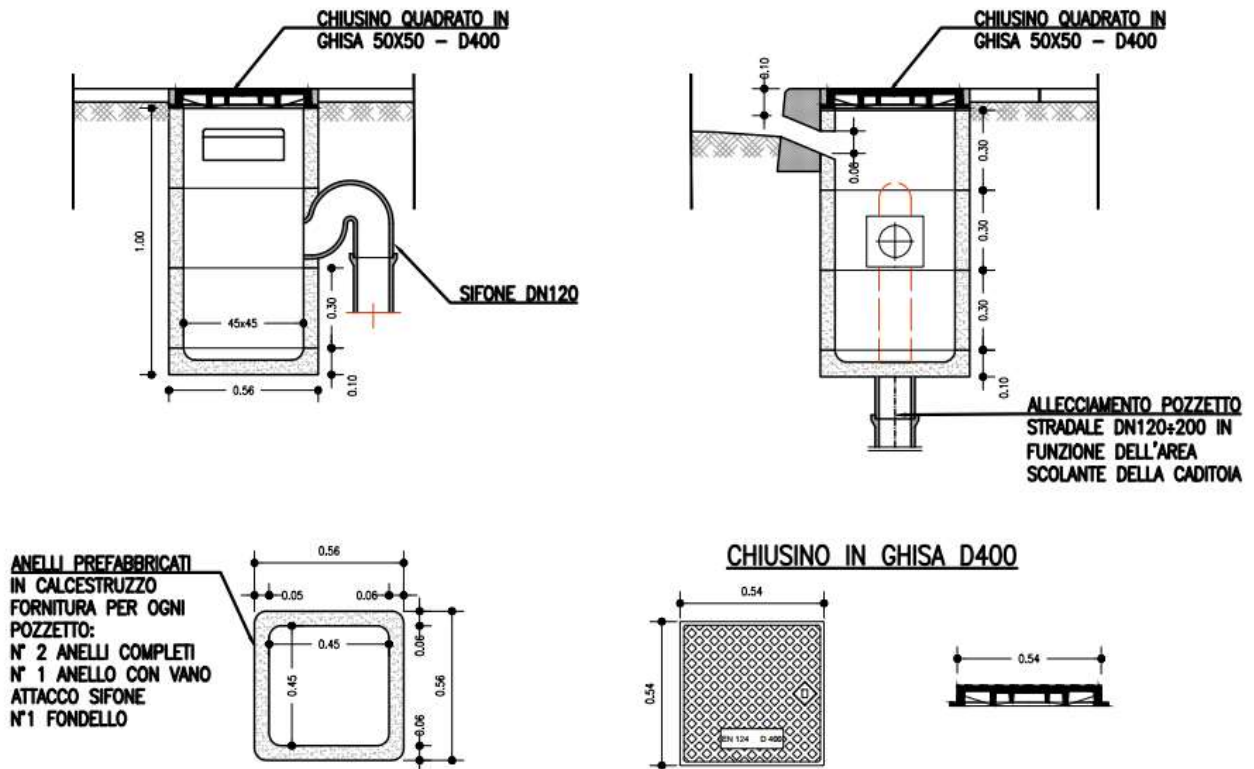
Chiusino concavo a caditoia in ghisa sferoidale UNI EN 124-2 D400 per caditoia stradale int. 0.45x0.045m

CADITOIA STRADALE A BOCCA DI LUPO

dim. int. 0.45 x 0.45 m

SCALA 1:20

Quotatura in (m)

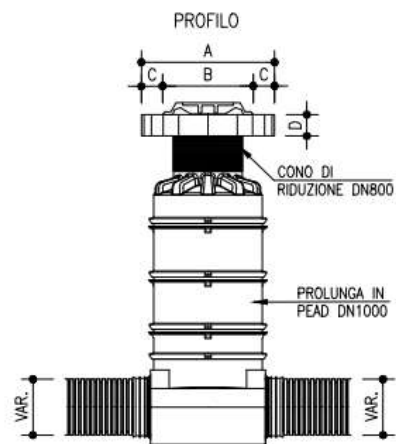
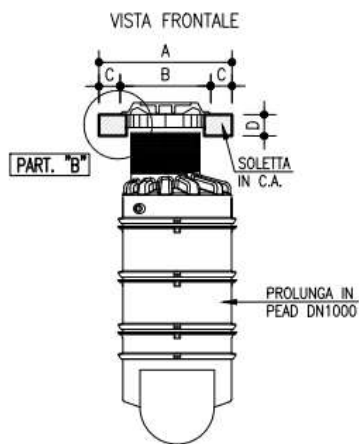


TIPOLOGICO POZZETTO IN PEAD

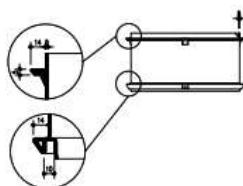
Scala 1:50

POZZETTO DN800

PER ALTEZZE DI POSA SUPERIORI A 2 m



PARTICOLARE PROLUNGA DN800



DIMENSIONI PIASTRA DI RIPARTIZIONE CHIUSINO			
A	125 cm	B	85 cm
C	20 cm	D	20 cm

GIUNZIONE TUBAZIONE-POZZETTO

bicchieri saldato



bicchieri con guarnizione

