

# **autostrade**//per l'italia

**CAPITOLATO SPECIALE**

**Parte II**

**PAVIMENTAZIONI**

## INDICE

<b>GENERALITÀ</b> .....	<b>7</b>
<b>1. DEMOLIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI</b> .....	<b>10</b>
1.1. DEMOLIZIONE TOTALE O PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATA CON FRESE .....	10
1.2. DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA REALIZZATA CON SISTEMI TRADIZIONALI .....	10
1.3. DEMOLIZIONE LASTRA IN CALCESTRUZZO AD ARMATURA CONTINUA PCP (Pavimentazione Composita Polifunzionale) .....	11
<b>2. LEGANTI BITUMINOSI – LORO MODIFICANTI E ADDITIVI</b> .....	<b>12</b>
2.1. GENERALITÀ SUI LEGANTI BITUMINOSI .....	12
2.2. BITUMI NORMALI .....	13
2.2.1. BITUME NORMALE PER USI DIRETTI – TIPO “A” .....	13
2.2.2. BITUME NORMALE PER SCHIUMATURA – TIPO “A1” .....	14
2.3. BITUMI MODIFICATI HARD CON POLIMERI SBS – TIPO “B” .....	15
2.4. BITUMI MODIFICATI CON POLIMERI PER IMPERMEABILIZZAZIONI – TIPO “B1” .....	16
2.5. EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE NON MODIFICATE – TIPO “C”, “C1” e “C2” .....	17
2.6. EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE MODIFICATE – TIPO “D1” e “D2” .....	18
2.7. ATTIVANTI DI ADESIONE (AA) .....	18
2.8. ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI (ACF) .....	19
2.9. ADDITIVI CHIMICI PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TIEPIDI (ACT) .....	20
2.10. FIBRE .....	20
2.11. PREQUALIFICA, CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	21
2.11.1. PRE-QUALIFICA .....	21
2.11.2. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	21
<b>3. MISCELE PER STRATI DI FONDAZIONE, SOTTOBASE E BASE</b> .....	<b>22</b>
3.1. STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE NON LEGATO .....	22
3.1.1. DESCRIZIONE .....	22
3.1.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	22
3.1.3. POSA IN OPERA .....	24
3.1.4. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	24
3.1.4.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI .....	25
3.1.4.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA .....	25
3.1.4.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO .....	25
3.2. STRATO DI FONDAZIONE O SOTTOBASE IN MISTO CEMENTATO PRODOTTO IN IMPIANTO .....	26
3.2.1. DESCRIZIONE .....	26
3.2.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	26
3.2.2.1. AGGREGATI .....	26
3.2.2.2. LEGANTE CEMENTIZIO .....	27
3.2.2.3. ACQUA .....	27
3.2.2.4. AGGIUNTE .....	27
3.2.3. PROGETTO DELLA MISCELA .....	27
3.2.3.1. DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA .....	27
3.2.3.2. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA .....	28
3.2.3.3. DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DI LEGANTE CEMENTIZIO .....	28
3.2.4. CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE .....	29
3.2.5. POSA IN OPERA .....	29
3.2.6. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	30
3.2.6.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI .....	31
3.2.6.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA .....	31
3.2.6.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO .....	31
3.2.7. CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA .....	32

<b>3.3.</b>	<b>STRATO DI FONDAZIONE O SOTTOBASE IN MISTO CEMENTATO RICICLATO IN SITO ...</b>	<b>33</b>
3.3.1.	DESCRIZIONE .....	33
3.3.2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	33
3.3.2.1.	AGGREGATI .....	33
3.3.2.2.	LEGANTE CEMENTIZIO .....	34
3.3.2.3.	ACQUA .....	34
3.3.2.4.	CALCE .....	34
3.3.3.	PROGETTO DELLA MISCELA IN CAMPO PROVA .....	34
3.3.3.1.	GENERALITÀ E OPERAZIONI PRELIMINARI .....	34
3.3.3.2.	DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA .....	35
3.3.3.3.	DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA .....	36
3.3.3.4.	DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DI LEGANTE CEMENTIZIO .....	36
3.3.4.	POSA IN OPERA .....	38
3.3.5.	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	39
3.3.5.1.	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI .....	39
3.3.5.2.	ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA .....	39
3.3.5.3.	ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO .....	40
3.3.6.	CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA .....	41
<b>3.4.</b>	<b>STRATO DI FONDAZIONE O SOTTOBASE RICICLATO A FREDDO IN SITO CON BITUME E CEMENTO .....</b>	<b>42</b>
3.4.1.	DESCRIZIONE .....	42
3.4.2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	42
3.4.2.1.	AGGREGATI .....	42
3.4.2.2.	LEGANTE CEMENTIZIO .....	43
3.4.2.3.	ACQUA .....	43
3.4.2.4.	CALCE .....	43
3.4.2.5.	LEGANTE BITUMINOSO .....	43
3.4.3.	PROGETTO DELLA MISCELA IN CAMPO PROVA .....	43
3.4.3.1.	GENERALITÀ E OPERAZIONI PRELIMINARI .....	43
3.4.3.2.	DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA .....	44
3.4.3.3.	DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA .....	45
3.4.3.4.	DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DEI LEGANTI .....	45
3.4.4.	POSA IN OPERA .....	47
3.4.5.	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	48
3.4.5.1.	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI .....	49
3.4.5.2.	ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA .....	49
3.4.5.3.	ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO .....	50
3.4.6.	CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA .....	51
<b>3.5.</b>	<b>STRATO DI FONDAZIONE O SOTTOBASE RICICLATO A FREDDO IN IMPIANTO CON BITUME E CEMENTO .....</b>	<b>52</b>
3.5.1.	DESCRIZIONE .....	52
3.5.2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	52
3.5.2.1.	AGGREGATI .....	52
3.5.2.2.	LEGANTE CEMENTIZIO .....	53
3.5.2.3.	ACQUA .....	53
3.5.2.4.	LEGANTE BITUMINOSO .....	53
3.5.3.	PROGETTO DELLA MISCELA .....	53
3.5.3.1.	DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA .....	53
3.5.3.2.	DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA .....	54
3.5.3.3.	DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DEI LEGANTI .....	54
3.5.4.	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE .....	56
3.5.5.	POSA IN OPERA .....	57
3.5.6.	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	57
3.5.6.1.	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI .....	58
3.5.6.2.	ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA .....	58
3.5.6.3.	ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO .....	59
3.5.7.	CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA .....	60
<b>3.6.</b>	<b>STRATO DI SOTTOBASE O BASE RICICLATO A FREDDO IN IMPIANTO CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA E CEMENTO .....</b>	<b>61</b>
3.6.1.	DESCRIZIONE .....	61
3.6.2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	61
3.6.2.1.	AGGREGATI .....	61
3.6.2.2.	LEGANTE CEMENTIZIO .....	62
3.6.2.3.	ACQUA .....	62
3.6.2.4.	LEGANTE BITUMINOSO .....	62
3.6.3.	PROGETTO DELLA MISCELA .....	62
3.6.3.1.	DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA .....	62
3.6.3.2.	DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA .....	63
3.6.3.3.	DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DEI LEGANTI .....	63
3.6.4.	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE .....	65

3.6.5.	POSA IN OPERA .....	66
3.6.6.	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	66
	3.6.6.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI .....	67
	3.6.6.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA .....	67
	3.6.6.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO .....	68
3.6.7.	CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA .....	68
<b>3.7.</b>	<b>MIGLIORAMENTO IN SITO DI STRATI DI FONDAZIONE NON LEGATI MEDIANTE BITUME SCHIUMATO E CEMENTO.....</b>	<b>69</b>
3.7.1.	DESCRIZIONE .....	69
3.7.2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	69
	3.7.2.1. AGGREGATI .....	69
	3.7.2.2. BITUME SCHIUMATO .....	70
	3.7.2.3. CEMENTO .....	70
	3.7.2.4. CALCE .....	70
	3.7.2.5. ACQUA .....	70
3.7.3.	PRESCRIZIONI PROGETTUALI .....	70
	3.7.3.1. SCELTA DEL "PUNTO OPERATIVO" .....	71
	3.7.3.1.1. CONTROLLI AD INIZIO LAVORI .....	71
	3.7.3.1.2. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA .....	72
	3.7.3.2. RQS: ALTRI CONTROLLI AGGIUNTIVI IN CORSO D'OPERA .....	73
	3.7.3.3. RQS: CONTROLLI di PORTANZA a SCHIUMATURA TERMINATA .....	74
3.7.4.	POSA IN OPERA SCHIUMATO .....	74
3.7.5.	CARATTERISTICHE DELLA MISCELA .....	75
3.7.6.	NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI – PROVE HWD A PAVIMENTAZIONE FINITA .....	76
3.7.7.	NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI - CAROTAGGI .....	76
3.7.8.	RUOLI E RESPONSABILITA' PROCEDURALI, TRASMISSIONE DEI DATI .....	77
<b>4.</b>	<b>CONGLOMERATI BITUMINOSI CHIUSI.....</b>	<b>78</b>
4.1.	PRESCRIZIONI GENERALI .....	78
4.2.	PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVE AI MATERIALI COSTITUENTI .....	79
	4.2.1. BITUME .....	79
	4.2.2. AGGREGATI .....	79
	4.2.3. CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO (Aggregato RA) .....	81
	4.2.4. ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI E ATTIVANTI DI ADESIONE .....	82
	4.2.5. ADDITIVI CHIMICI PER LA PRODUZIONE DI CONGLOMERATI TIEPIDI .....	82
	4.2.6. FIBRE .....	82
4.3.	PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVE ALLE MISCELE .....	83
	4.3.1. CONTENUTO DI BITUME .....	83
	4.3.2. PROVE VOLUMETRICHE E MECCANICHE – REQUISITI DI IDONEITA' .....	84
	4.3.2.1. VUOTI D'ARIA .....	84
	4.3.2.2. RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA E SENSIBILITA' ALL'ACQUA .....	84
	4.3.2.3. MODULO DI RIGIDEZZA .....	85
4.4.	CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE .....	85
4.5.	POSA IN OPERA .....	86
	4.5.1. PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA .....	86
	4.5.2. REALIZZAZIONE DELLO STRATO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO .....	87
4.6.	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....	89
	4.6.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI .....	90
	4.6.1.1. LEGANTE BITUMINOSO .....	90
	4.6.1.2. AGGREGATI E AGGREGATO RA .....	91
	4.6.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA .....	91
	4.6.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO .....	93
	4.6.3.1. POSA IN OPERA DELLA MISCELA .....	93
	4.6.3.2. SPESSORI .....	93
	4.6.3.3. RESISTENZA A TAGLIO DELLE INTERFACCE .....	94
	4.6.3.4. DENSITA' IN SITO .....	95
	4.6.3.5. MODULO DI RIGIDEZZA .....	95
4.7.	CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA .....	95
<b>5.</b>	<b>CONGLOMERATI BITUMINOSI AD ELEVATO TENORE DI VUOTI ....</b>	<b>96</b>
5.1.	PRESCRIZIONI GENERALI .....	96
5.2.	PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVE AI MATERIALI COSTITUENTI .....	96
	5.2.1. BITUME .....	96

5.2.2.	AGGREGATI .....	96
5.2.3.	CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO (Aggregato RA) .....	98
5.2.4.	ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI E ATTIVANTI DI ADESIONE .....	99
5.2.5.	ADDITIVI CHIMICI PER LA PRODUZIONE DI CONGLOMERATI TIEPIDI .....	100
5.2.6.	FIBRE .....	100
<b>5.3.</b>	<b>PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVE ALLE MISCELE .....</b>	<b>100</b>
5.3.1.	CONTENUTO DI BITUME .....	100
5.3.2.	FIBRE .....	101
5.3.3.	PROVE VOLUMETRICHE E MECCANICHE – REQUISITI DI IDONEITA' .....	101
5.3.3.1.	VUOTI D'ARIA .....	101
5.3.3.2.	RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA E SENSIBILITA' ALL'ACQUA .....	101
5.3.3.3.	RESISTENZA ALL'ABRASIONE .....	102
<b>5.4.</b>	<b>CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE .....</b>	<b>102</b>
<b>5.5.</b>	<b>POSA IN OPERA .....</b>	<b>103</b>
5.5.1.	PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA .....	103
5.5.2.	REALIZZAZIONE DELLO STRATO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO .....	104
<b>5.6.</b>	<b>CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....</b>	<b>105</b>
5.6.1.	ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI .....	106
5.6.1.1.	LEGANTE BITUMINOSO .....	106
5.6.1.2.	AGGREGATI LAPIDEI E AGGREGATO RA .....	107
5.6.2.	ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA .....	108
5.6.3.	ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO .....	109
5.6.3.1.	POSA IN OPERA DELLA MISCELA .....	109
5.6.3.2.	SPESSORI .....	109
5.6.3.3.	RESISTENZA A TAGLIO DELLE INTERFACCE .....	110
5.6.3.4.	DENSITA' IN SITO .....	111
5.6.3.5.	CAPACITA' DRENANTE .....	111
<b>5.7.</b>	<b>CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA .....</b>	<b>111</b>
<b>6.</b>	<b>IMPERMEABILIZZAZIONE DI SOLETTE DI IMPALCATO DI OPERE D'ARTE .....</b>	<b>112</b>
<b>6.1</b>	<b>PRESCRIZIONI GENERALI .....</b>	<b>112</b>
<b>6.2</b>	<b>IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE CAPPА DI MASTICE DI ASFALTO .....</b>	<b>112</b>
6.2.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	113
6.2.1.1.	LEGANTE .....	113
6.2.1.2.	FILLER .....	113
6.2.1.3.	AGGREGATO FINE .....	113
6.2.1.4.	MISCELA FINALE .....	113
6.2.2.	MODALITA' DI PREPARAZIONE DEL MASTICE DI ASFALTO .....	114
6.2.3.	POSA IN OPERA .....	114
6.2.4.	IMPERMEABILIZZAZIONE DEI RISVOLTИ VERTICALI SUI CORDOLI .....	115
<b>6.3.</b>	<b>IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE MEMBRANA ESEGUITA IN OPERA .....</b>	<b>116</b>
6.3.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	116
6.3.1.1.	LEGANTE .....	116
6.3.1.2.	ARMATURA IN TESSUTO NON TESSUTO .....	116
6.3.2.	POSA IN OPERA .....	117
6.3.3.	IMPERMEABILIZZAZIONE DEI RISVOLTИ VERTICALI SUI CORDOLI .....	118
<b>6.4.</b>	<b>IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE MEMBRANE BITUMINOSE PREFORMATE E ARMATE .....</b>	<b>118</b>
6.4.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI .....	118
6.4.1.1.	PRIMER .....	118
6.4.1.2.	MEMBRANA .....	119
6.4.2.	POSA IN OPERA .....	120
6.4.2.1.	VERIFICA DELL'ASCIUGATURA DELLA SUPERFICIE .....	120
6.4.2.2.	SORMONTI LATERALI E DI TESTA .....	120
6.4.2.3.	APPLICAZIONE DEI TELI .....	120
6.4.2.4.	IMPERMEABILIZZAZIONE DEI RISVOLTИ VERTICALI SUI CORDOLI .....	121
<b>6.5.</b>	<b>CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI .....</b>	<b>121</b>
6.5.1.	CONTROLLI E PENALI SUI MATERIALI .....	122
6.5.1.1.	LEGANTE BITUMINOSO .....	122
6.5.1.2.	AGGREGATI FINI .....	122
6.5.1.3.	CONTENUTO DI LEGANTE .....	122
6.5.1.4.	TESSUTO NON TESSUTO E MEMBRANA .....	123
6.5.2.	CONTROLLI SULLO STRATO FINITO .....	123

<b>7. TRATTAMENTI SUPERFICIALI D'IRRUVIDIMENTO .....</b>	<b>124</b>
7.1. TRATTAMENTO AD ALTA ADERENZA (MONO STRATO MONO GRANULARE) CON RESINA BICOMPONENTE ED AGGREGATI AD ELEVATA RUGOSITA' ED ALTA RESISTENZA ALL'ABRASIONE .....	124
7.1.1. DESCRIZIONE .....	124
7.1.2. AGGREGATI .....	124
7.1.3. LEGANTE SINTETICO .....	124
7.1.4. POSA IN OPERA .....	124
7.2. IRRUVIDIMENTO CON MACCHINA PALLINATRICE .....	125
7.3. RUMBLE STRIPS .....	125
<b>8. SIGILLATURA DI FESSURE O DI GIUNTI DI STRISCIATA .....</b>	<b>127</b>
8.1. SIGILLATURA DELLE FESSURE DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA .....	127
8.2. SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA.....	128
8.3. SIGILLATURA DI LESIONI LONGITUDINALI / TRASVERSALI O MEDIANTE NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO ED AUTOADESIVO .....	128
8.3.1. DESCRIZIONE .....	128
8.3.2. COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE .....	128
8.3.3. REQUISITI DI IDONEITÀ .....	128
8.3.4. POSA IN OPERA .....	128
<b>9. RIDUZIONE DELLA FESSURAZIONE DI RIFLESSIONE E RINFORZO STRUTTURALE PAVIMENTAZIONI .....</b>	<b>130</b>
9.1. RIDUZIONE DELLA FESSURAZIONE DI RIFLESSIONE .....	130
9.1.1. REQUISITI DI IDONEITÀ DEI GEOCOMPOSITI PER FESSURE DI RIFLESSIONE .....	131
9.2. RINFORZO STRUTTURALE PAVIMENTAZIONI .....	131
9.2.1. REQUISITI DI IDONEITÀ DEI GEOCOMPOSITI PER RINFORZO STRUTTURALE .....	132
9.2.2. CONTROLLI E PENALI .....	134
<b>10. CONTROLLI CON APPARECCHIATURE AD ALTO RENDIMENTO SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA E PENALI.....</b>	<b>135</b>
10.1. PORTANZA .....	135
10.1.1. REQUISITI .....	135
10.1.2. PENALI.....	136
10.1.3. RILIEVI CON TRAFFIC SPEED DEFLECTOMETER (TSD).....	137
10.2. ADERENZA E MACROTESSITURA .....	137
10.2.1. REQUISITI .....	137
10.2.2. PENALI.....	138
10.3. REGOLARITÀ .....	139
10.3.1. REQUISITI .....	139
10.3.2. PENALI.....	140
<b>11. GIUNTI A TAMPONE VISCOELASTICI.....</b>	<b>141</b>
11.1. MATERIALI .....	141
11.1.1. TAMPONE IN BITUME MODIFICATO ED AGGREGATI .....	141
11.1.1.1. LEGANTE .....	141
11.1.1.2. AGGREGATI .....	142
11.2. COMPONENTI DEL GIUNTO .....	142
11.2.1. DISPOSITIVO DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI SOTTOPAVIMENTAZIONE.....	142
11.2.2. LAMIERINI DI SOSTEGNO.....	142
11.2.3. TAMPONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO.....	143
11.3. MODALITA' DI ESECUZIONE DEL GIUNTO .....	143
11.4. PENALI.....	144

## GENERALITÀ

Le presenti Norme Tecniche d'Appalto (NTA) prestazionali si riferiscono ai lavori di manutenzione delle pavimentazioni. Le prestazioni richieste dalle presenti NTA riguardano sia i materiali costituenti che i prodotti finiti dopo la posa in opera (aggregati, bitumi, conglomerati e pacchetto finale della pavimentazione).

La mancata rispondenza alle prestazioni prescritte dal presente capitolato comporterà l'applicazione di penali o, a giudizio insindacabile della Committente/DL, l'obbligo di demolizione e rifacimento della lavorazione a spese dell'Impresa.

Le prestazioni vincolanti da ottenere in opera sono riportate nei singoli articoli e nell'Articolo 10 relativamente ai controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita.

Negli articoli descrittivi dei prodotti, costituenti o finali, sono indicate alcune prescrizioni di base, i criteri di progetto e le tecnologie da utilizzare. In mancanza di particolari prescrizioni, materiali e tecnologie dovranno essere della migliore qualità esistente in commercio.

L'identificazione e la qualifica dei materiali dovranno essere effettuate in conformità al Regolamento n 305/2011 del Parlamento europeo che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione.

Qualora i materiali da utilizzare siano compresi nei prodotti coperti dal predetto Regolamento, ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla Marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle singole norme armonizzate, secondo il sistema previsto dalla normativa vigente.

L'Impresa ha l'obbligo di presentare preventivamente (e con congruo anticipo) alla Committente gli studi di progetto. Tali studi verranno definiti sulla base di eventuali specifiche indicazioni di dettaglio ricevute dalla DL, e saranno corredati da una completa documentazione (mix design e prove di laboratorio in conformità alle presenti norme tecniche) comprese le certificazioni (Dichiarazioni di prestazione e schede di marcatura CE, ecc.) dei materiali previsti a progetto.

La Committente, al fine di verificare l'idoneità di tutti i materiali previsti a progetto e delle miscele che si intendono adottare per ogni cantiere di produzione, si riserva di procedere al prelievo in contraddittorio presso gli impianti o presso le cave di provenienza degli aggregati, dei campioni da sottoporre a prova.

In alternativa, sarà richiesto all'Impresa stessa di consegnare alla Committente una campionatura di tutti i materiali previsti a progetto.

Le prove di qualifica saranno eseguite presso il Centro Rilevamento Dati e Prove materiali di Fiano Romano a spese dell'Impresa.

La Committente si riserva la facoltà di accettare gli studi proposti o di richiedere modifiche o la completa riformulazione degli stessi.

Previo accordi con la DL e l'Impresa, la Committente si riserva la possibilità di utilizzare materiali e/o miscele sperimentali in deroga alle presenti NTA.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro o tra i diversi tipi dello stesso, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dalle presenti norme tecniche, a giudizio insindacabile della Committente o della DL.

È inoltre facoltà della DL, in accordo con la Struttura PLB, non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (es.: rapidi decadimenti del CAT, scadente omogeneità nell'impasto per insufficiente affinità aggregato-bitume, ecc. ) anche se rispondenti ai limiti indicati nelle presenti norme tecniche.

La DL, eseguite le verifiche, comunica all'Impresa le formulazioni ed i materiali da impiegare nei lavori di manutenzione delle pavimentazioni.

Il rispetto delle formulazioni originali e/o delle loro modifiche, anche se indicate dalla Committente, non eliminano la responsabilità dell'Impresa nell'ottenimento in opera delle prestazioni previste per i singoli strati e per il lavoro complessivo. L'impresa è in ogni caso obbligata a rispettare le prescrizioni progettuali e/o eventuali modifiche preventivamente ordinate dalla DL.

Durante i lavori, l'impianto di produzione deve attenersi alla formulazione definitiva di progetto indicata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità adottato dall'impianto stesso. Presso gli impianti di produzione deve essere a disposizione della DL, con l'eventuale supporto della struttura PLB, un registro in cui siano riportati tutti i controlli di qualità operati dall'Impresa con i risultati ottenuti.

La DL, con l'eventuale supporto della struttura PLB, potrà comunque effettuare, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, presso il cantiere di stesa e/o in impianto, in relazione ai risultati su strada o sui campioni di laboratorio prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera.

L'Impresa, se richiesto, sarà obbligata a prestarsi in ogni tempo ai controlli in corso d'opera dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 oppure presso laboratori accreditati ai sensi della norma UNI ISO 17025 indicati dalla DL, compreso il Centro Rilevamento Dati e Prove materiali di Fiano Romano. Il costo delle prove rimane a carico della Committente.

Le diverse prove ed esami sui campioni o sui prodotti finiti effettuate presso laboratori indicati dalla DL e/o il Centro Rilevamento Dati e Prove materiali, saranno le uniche riconosciute valide dalle due parti e ad esse esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti dell'appalto.

A seguito di questi controlli la Committente/DL potrà intervenire in ogni momento sulle operazioni che non garantiscono i risultati richiesti.

Per tutti i prelievi di materiali eseguiti in contraddittorio durante le lavorazioni, sarà previsto il confezionamento di tre campionature, una per la DL, una per l'Impresa e la terza con funzione di "campione testimone". Per quest'ultima sarà ordinata la conservazione in locali indicati dalla DL, previa apposizione di sigilli e firme della Committente e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantirne autenticità e conservazione.

I campioni testimone relativi a test risultati non conformi, per i quali la Committenza o la DL attribuiscono una penale all'Impresa, saranno conservati per i 30 giorni successivi alla comunicazione della suddetta penale all'Impresa stessa.

L'Impresa, entro tale periodo, ha facoltà di richiedere prove sui campioni testimone prelevati in contraddittorio. Tali prove, a totale onere dell'Impresa stessa, saranno effettuate presso laboratori indicati dalla Committente/DL e preventivamente comunicati all'Impresa. Oltre tale data i campioni verranno smaltiti. I campioni testimone prelevati dalla Commissione di collaudo dovranno essere conservati fino alla emissione del verbale di collaudo tecnico amministrativo.

Quando la committenza abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non idonea all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Qualora l'Impresa non effettuasse la rimozione nel termine prescritto dal DL, vi provvederà direttamente la DL stessa a totale spesa dell'Impresa, a carico della quale resterà anche qualsiasi danno derivante dalla rimozione così eseguita. L'Impresa che di sua iniziativa o nel proprio interesse abbia impiegato materiali o lavorazioni di caratteristiche superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha



diritto ad un aumento dei prezzi e la contabilità sarà redatta come se i materiali avessero le caratteristiche prescritte dalle NTA..

Le tariffe applicate per l'esecuzione diretta da parte del Centro Rilevamento Dati e Prove materiali delle prove in carico all'Impresa saranno secondo quanto riportato al tariffario vigente presso il laboratorio stesso (Allegato 11). Il DL o la Committente possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal presente capitolato, ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o delle lavorazioni.

# 1. DEMOLIZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

## 1.1. DEMOLIZIONE TOTALE O PARZIALE DI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO REALIZZATA CON FRESE

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso, deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico di materiale fresato.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla DL. La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati, polveri o altri materiali, che possano compromettere l'adesione dei nuovi tappeti da porre in opera.

Non saranno tollerate scanalature provocate da tamburi ed utensili inadeguati o difformemente usurati che presentino una profondità misurata tra cresta e gola superiore a 0,5 cm .

L'Impresa si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti in progetto o dalla DL. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di fresatura.

Comunque il rilievo dei nuovi spessori deve essere effettuato in contraddittorio.

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

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali deve essere eseguita con attrezzature (approvate dalla DL) munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano perfettamente pulito e depolverizzato.

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

Sia la superficie risultante dalla fresatura che le pareti del cavo devono, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, essere perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano d'attacco di legante bituminoso prevista in progetto o indicata dalla DL. Il materiale fresato resta di proprietà dell'Impresa che deve essere dotata delle necessarie autorizzazioni allo stoccaggio e al reimpiego come disciplinato dalle norme di settore, e, ove previsto, secondo le previsioni del progetto.

## 1.2. DEMOLIZIONE DELL'INTERA SOVRASTRUTTURA REALIZZATA CON SISTEMI TRADIZIONALI

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

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

### 1.3. DEMOLIZIONE LASTRA IN CALCESTRUZZO AD ARMATURA CONTINUA PCP (Pavimentazione Composita Polifunzionale)

La demolizione della lastra PCP deve essere eseguita tramite:

- pre-fresatura a freddo della prima porzione di calcestruzzo, fino all'estradosso dei ferri di armatura;
- demolizione completa della porzione costituita da calcestruzzo armato con escavatori provvisti di martelli demolitori (per la frantumazione e demolizione del calcestruzzo) ed escavatori forniti di pinze (per l'estrazione dell'armatura dal calcestruzzo demolito).

L'Impresa deve utilizzare solo i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla DL.

Inoltre l'Impresa deve definire modalità operative finalizzate ad evitare la formazione e la dispersione delle polveri nell'atmosfera.

Le demolizioni devono essere eseguite con ordine, osservando le necessarie precauzioni ed adottando accorgimenti tali da garantire la sicurezza di tutte le operazioni e la prevenzione di qualsiasi infortunio al personale addetto.

L'Impresa deve adottare tutte le precauzioni e cautele atte ad evitare ogni possibile danno all'utenza e concordare con la Direzione di Tronco, tramite la DL, le eventuali esclusioni di traffico che possono avvenire anche in ore notturne ed in giorni determinati.

Inoltre l'Impresa deve provvedere, a sua cura e spese, ad adottare tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti, circostanti e le eventuali proprietà di terzi.

L'Impresa sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizione possa arrecare a persone, cose e a terzi.

I materiali di risulta provenienti dalla demolizione della lastra PCP devono essere gestiti in conformità alla normativa vigente.

## 2. LEGANTI BITUMINOSI – LORO MODIFICANTI E ADDITIVI

### 2.1. GENERALITÀ SUI LEGANTI BITUMINOSI

I leganti bituminosi per usi diretti o per modifiche successive con polimeri o altri trattamenti, sono quei leganti per uso stradale costituiti da bitumi prodotti in raffineria mediante distillazione primaria (topping e vacuum) oppure conversione (cracking termico, visbreaking) del greggio di petrolio.

I leganti bituminosi usati senza alcun trattamento (nel seguito denominati “normali”) sono ottenuti dalla diretta raffinazione del petrolio e vengono impiegati per il confezionamento dei conglomerati bituminosi di cui all’Articolo 4 e per la realizzazione di miscele riciclate a freddo mediante processo di schiumatura di cui all’Articolo 3. I leganti bituminosi modificati sono bitumi ai quali, utilizzando sistemi di tipo meccanico e/o chimico, vengono aggiunti polimeri di diversa natura che ne modificano le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I leganti bituminosi devono essere qualificati in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione e ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE, attestanti la conformità all’allegato ZA alle norme europee armonizzate di riferimento (Norme UNI EN 12591, UNI EN 14023, UNI EN 13808). Tutti i materiali descritti nel presente Articolo, rientranti nell’ambito delle opere programmate nel piano di manutenzione, sono pre-qualificati, così come descritto al paragrafo §2.12.1.

Le sigle dei materiali impiegati nelle presenti Norme Tecniche di Appalto (NTA) e i rispettivi campi di applicazione sono definiti nelle Tavole Sinottiche di seguito riportate:

- Tavola Sinottica 2.1 – conglomerati bituminosi, miscele e trattamenti in cui vengono impiegati i leganti di cui al presente Articolo;
- Tavola Sinottica 2.2 – tipi di leganti utilizzati nei conglomerati bituminosi, nelle miscele e nei trattamenti;
- Tavola Sinottica 2.3 – polimeri utilizzati nelle modifiche e additivi eventualmente impiegati nella produzione sia dei conglomerati bituminosi che delle miscele riciclate.

TAVOLA SINOTTICA 2.1  
Conglomerati bituminosi, miscele e trattamenti

Sigla	Descrizione
CB	Conglomerato bituminoso con bitume normale
CBH	Conglomerato bituminoso ad alta resistenza a fatica per strati di base, collegamento ed usura, con bitume Hard modificato con polimeri SBS
CBD	Conglomerato bituminoso drenante
CBDS	Conglomerato bituminoso drenante strutturale
IPD	Conglomerato bituminoso ipodrenante
CBHT	Conglomerato bituminoso tiepido ad alta resistenza a fatica per strati di base, collegamento ed usura, con bitume modificato Hard con polimeri SBS
CBDST	Conglomerato bituminoso drenante strutturale tiepido
SMA	Conglomerato bituminoso antisdrucchiolo (Stone Mastic Asphalt)
MRFS	Miscela riciclata a freddo con bitume schiumato e cemento
MRFE	Miscela riciclata a freddo con emulsione bituminosa e cemento
IMP	Impermeabilizzazione opere d’arte
TAA	Treatments ad alta aderenza
S	Sigillature
MAD	Mano di attacco per conglomerati bituminosi drenanti
MAF	Mano di attacco a freddo per conglomerati bituminosi chiusi
MA	Mani di ancoraggio

TAVOLA SINOTTICA 2.2  
Leganti bituminosi e leganti sintetici

<i>Categoria Leganti</i>	<i>Tabella o Paragrafo</i>	<i>Sigla Legante</i>	<i>Campi di applicazione (vedi Tavola Sinottica 2.1)</i>
Bitume normale per usi diretti	Tab. 2.1	A	CB
Bitume normale per schiumatura	Tab. 2.2 Tab. 2.3	A1	MRFS
Bitume modificato Hard con polimeri SBS	Tab. 2.4	B	CBH, CBD, CBDS, IPD, CBHT, CBDST, SMA, MAD, S
Bitume modificato con polimeri per impermeabilizzazioni	Tab. 2.5	B1	IMP
Emulsione bituminosa cationica non modificata	Tab. 2.6	C C1 C2	MAF MA, MAF MRFE
Emulsione bituminosa cationica modificata	Tab. 2.7	D1 D2	MAF MRFE

TAVOLA SINOTTICA 2.3  
Polimeri e Additivi

<i>Sigla</i>	<i>Polimeri</i>
SBS	Elastomeri tipo Stirene-Butadiene-Stirene

<i>Sigla</i>	<i>Paragrafo</i>	<i>Additivi</i>	<i>Campi di applicazione (vedi Tavola Sinottica 2.1)</i>
AA	§2.7	Attivanti di adesione	Conglomerati bituminosi con aggregati di natura acida
ACF	§2.8	Attivanti Chimici Funzionali	Conglomerati bituminosi (a caldo e tiepidi) con impiego di Aggregato RA (*)
ACT	§2.9	Additivi chimici per conglomerati bituminosi tiepidi	CBHT, CBDST
FC	§2.10	Fibre di cellulosa	CBD, CBDS, IPD, CBDST, SMA
FM	§2.10	Fibre miste	CBD, CBDS, IPD, CBDST, SMA

(\*) Aggregato RA = conglomerato bituminoso di recupero (UNI EN 13108-8)

## 2.2. BITUMI NORMALI

I bitumi normali, impiegati senza alcun tipo di trattamento o modifica, sono quei bitumi per uso stradale ottenuti dalla raffinazione del greggio di petrolio.

### 2.2.1. BITUME NORMALE PER USI DIRETTI – TIPO “A”

I bitumi normali per usi diretti vengono impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi tradizionali a caldo di cui all'Articolo 4 e debbono appartenere alla classe di penetrazione 50/70 (tipo “A”). La DL, in accordo con la struttura PLB, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di leganti appartenenti a classi di penetrazione differenti, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

I principali requisiti tecnici che i bitumi di tipo “A” devono rispettare sono definiti nelle norme UNI EN 12591 e UNI/TR 11361 e sono riportati in Tabella 2.1.

In fase di controllo (paragrafo §2.11.2), il legante deve essere prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio, in accordo alle modalità previste nella norma UNI EN 58. La non rispondenza delle caratteristiche dei leganti a quelle richieste nella Tabella 2.1 comporta l'applicazione delle penali specificate nell'Articolo 4.

Tabella 2.1  
Bitume normale per usi diretti – Tipo “A”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0.1mm	UNI EN 1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	46-54
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN 12593	≤ -8
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa*s	UNI EN 13302	0.05-0.20
<b>Valori dopo RTFOT (*)</b>			
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	≤ 0.5
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN 1426 UNI EN 12607-1	≥ 50
Incremento del Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 UNI EN 12607-1	≤ 9

(\*) Rolling Thin Film Oven Test (UNI EN 12607-1)

### 2.2.2. BITUME NORMALE PER SCHIUMATURA – TIPO “A1”

Il bitume schiumato si ottiene iniettando, all'interno di un'apposita camera di espansione, bitume caldo (> 160°C), acqua e aria in pressione.

A contatto con il bitume caldo, l'acqua subisce un cambiamento di stato da liquido a gassoso, espandendosi e producendo una schiuma costituita da bolle di bitume piene di vapore acqueo che rendono il legante più adatto alla miscelazione con gli aggregati in quanto caratterizzato da una minore viscosità.

Per la produzione di bitume schiumato devono essere utilizzati solo bitumi appartenenti alla classe di penetrazione 70/100 (tipo “A1”), rispondenti ai requisiti tecnici definiti dalle norme UNI EN 12591 e UNI/TR 11361 e riportati in Tabella 2.2.

La DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di leganti bituminosi appartenenti a classi di penetrazione differenti, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

In ogni caso, il solo valore di penetrazione e il rispetto delle caratteristiche riportate in Tabella 2.2 non sono sufficienti per qualificare un legante per l'impiego in una miscela schiumata ma risulta necessario testare anche la propensione alla schiumatura dello stesso attraverso la valutazione del rapporto di espansione e del tempo di semi-trasformazione, così come definitivi nell'Allegato 4.

Nello specifico, i bitumi da impiegare per la schiumatura devono rispettare i limiti riportati in Tabella 2.3.

In fase di controllo (paragrafo §2.11.2), il legante deve essere prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio, in accordo alle modalità previste nella norma UNI EN 58. La non rispondenza delle caratteristiche dei leganti a quelle richieste nella Tabella 2.2 e nella Tabella 2.3 comporta l'applicazione delle penali specificate nell'Articolo 3.

Tabella 2.2  
Bitume normale per schiumatura – Tipo “A1”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0.1 mm	UNI EN 1426	70-100
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	43-51
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN 12593	≤ -10
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa*s	UNI EN 13302	0.01-0.15
<b>Valori dopo RTFOT</b>			
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	≤ 0.8
Penetrazione residua a 25 °C	%	UNI EN 1426 UNI EN 12607-1	≥ 50
Incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 UNI EN 12607-1	≤ 11

(\*) Rolling Thin Film Oven Test (UNI EN 12607-1)

Tabella 2.3  
Propensione alla schiumatura dei bitumi

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Rapporto di espansione (EXPANSION RATIO)(*)	-	(metodologia di prova interna ASPI – Allegato 4)	≥ 20
Tempo di semi-trasformazione (HALF LIFE) (**)	sec	(metodologia di prova interna ASPI – Allegato 4)	≥ 25

(\*) Le caratteristiche di espansione ottimali del bitume devono essere determinate in un campo di temperature variabile tra 170 e 190 °C (prima dell'espansione), e con percentuali di acqua compresa tra 1% e 4% in peso sul bitume.

(\*\*) Tempo necessario per dimezzare l'espansione del bitume

## 2.3. BITUMI MODIFICATI HARD CON POLIMERI SBS – TIPO “B”

I leganti bituminosi modificati sono leganti per uso stradale costituiti da bitumi normali miscelati con polimeri di diversa natura, in specifici impianti industriali.

I bitumi modificati sono materiali in grado di garantire una maggiore resistenza meccanica a fatica e alle deformazioni permanenti delle miscele bituminose rispetto a quelle impieganti bitumi normali.

Nelle presenti NTA, il legante di tipo “B” è un bitume modificato Hard con polimeri SBS. La DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di leganti bituminosi modificati con altre tipologie di polimeri e/o ottenuti con processi di modifica diversi, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

I bitumi modificati Hard devono essere tassativamente impiegati, salvo diversa indicazione della Committente/DL, nelle miscele indicate nella Tavola Sinottica 2.2.

I principali requisiti tecnici che tali leganti devono rispettare sono definiti nelle norme UNI EN 14023 e UNI/TR 11478 e sono riportati in Tabella 2.4.

In fase di controllo (paragrafo §2.11.2), il legante deve essere prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio, in accordo alle modalità previste nella norma UNI EN 58.

La non rispondenza delle caratteristiche dei leganti a quelle richieste nella Tabella 2.4 comporta l'applicazione delle penali specificate nell'Articolo 4 e nell'Articolo 5.

Tabella 2.4  
Bitume modificato Hard con polimeri SBS – Tipo “B”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0.1mm	UNI EN 1426	50-70
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN 12593	≤ -12
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa*s	UNI EN 13302 UNI EN 13702	0.15-0.8
Ritorno elastico a 25°C	%	UNI EN 13398	≥ 80
Stabilità allo stoccaggio (variazione del punto di rammollimento)	°C	UNI EN 13399	≤ 3
<b>Valori dopo RTFOT (*)</b>			
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	≤ 0.8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN 1426 UNI EN 12607-1	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 UNI EN 12607-1	≤ 5

(\*) Rolling Thin Film Oven Test (UNI EN 12607-1)

## 2.4. BITUMI MODIFICATI CON POLIMERI PER IMPERMEABILIZZAZIONI – TIPO “B1”

I leganti bituminosi modificati con polimeri per l'impermeabilizzazione degli impalcati e delle opere d'arte sono costituiti da bitumi normali miscelati con polimeri di diversa natura, in specifici impianti industriali. I principali requisiti tecnici che tali leganti devono rispettare sono definiti nelle norme UNI EN 14023 e UNI/TR 11478 e sono riportati in Tabella 2.5.

La DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di leganti per impermeabilizzazioni aventi caratteristiche diverse da quelle indicate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

In fase di controllo (paragrafo §2.11.2), il legante deve essere prelevato nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio, in accordo alle modalità previste nella norma UNI EN 58. La non rispondenza delle caratteristiche dei leganti a quelle richieste nella Tabella 2.5 comporta l'applicazione delle penali specificate nell'Articolo 6.

Tabella 2.5  
Bitume modificato con polimeri per impermeabilizzazioni – Tipo “B1”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0.1mm	UNI EN 1426	45-80
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN 12593	≤ -14
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa*s	UNI EN 13302 UNI EN 13702	0.15-0.8
Ritorno elastico a 25°C	%	UNI EN 13398	≥ 85
Stabilità allo stoccaggio (variazione del punto di rammollimento)	°C	UNI EN 13399	≤ 5



Valori dopo RTFOT (*)			
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	≤ 0.5
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN 1426 UNI EN 12607-1	≥ 60
Incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 UNI EN 12607-1	≤ 5

(\*) Rolling Thin Film Oven Test (UNI EN 12607-1)

## 2.5. EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE NON MODIFICATE – TIPO “C”, “C1” e “C2”

Le emulsioni bituminose cationiche non modificate vengono utilizzate nelle seguenti applicazioni:

- mani di ancoraggio MA (legante “C1”)
- mani di attacco a freddo MAF (legante “C” e “C1”) applicate all’interfaccia di strati in conglomerato bituminoso di tipo chiuso confezionati con bitume normale
- miscele riciclate a freddo MRFE (legante “C2”) con emulsione bituminosa e cemento.

I principali requisiti tecnici che tali leganti devono rispettare sono definiti nelle norme UNI EN 13808 e UNI/TR 11362 e sono riportati in Tabella 2.6.

La DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare l’impiego di emulsioni bituminose cationiche caratterizzate da un contenuto di legante diverso da quello riportato in Tabella 2.6, a condizione che siano rispettati sia il dosaggio finale richiesto per la specifica lavorazione che le caratteristiche del bitume residuo, indicate in Tabella 2.6.

In fase di controllo (paragrafo §2.11.2), il legante deve essere prelevato in accordo alle modalità previste nella norma UNI EN 58. La non rispondenza delle caratteristiche dei leganti a quelle richieste nella Tabella 2.6 comporta l’applicazione delle penali specificate nell’Articolo 3 oppure nell’Articolo 4. Sulla base di quanto riportato nella Tabella 2.6, le emulsioni bituminose di tipo “C” sono designate con la sigla C65B3 secondo la norma UNI EN 13808, le emulsioni bituminose di tipo “C1” sono designate con la sigla C55B4 e le emulsioni bituminose di tipo “C2” sono designate con la sigla C60B10.

Tabella 2.6  
Emulsioni bituminose cationiche non modificate – Tipo “C”, “C1” e “C2”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Legante “C”	Legante “C1”	Legante “C2”
Contenuto di legante	%	UNI EN 1428	63-67	53-57	58-62
Indice di rottura	-	UNI EN 13075-1	da 70 a 155 (classe 3)	da 110 a 195 (classe 4)	-
Miscelazione con cemento	g	UNI EN 12848	-	-	≤ 2 (classe 10)
Sedimentazione (7 giorni di stoccaggio)	%	UNI EN 12847	≤ 10 (classe 3)	≤ 10 (classe 3)	≤ 10 (classe 3)
CARATTERISTICHE DEL BITUME RESIDUO (UNI EN 13074-1)					
Penetrazione a 25°C	0.1 mm	UNI EN 1426	≤ 100	≤ 220	≤ 100
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	≥ 43	≥ 35	≥ 43

## 2.6. EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE MODIFICATE – TIPO “D1” e “D2”

Le emulsioni bituminose cationiche modificate vengono utilizzate nelle seguenti applicazioni:

- mani di attacco a freddo MAF (legante “D1”) per conglomerati bituminosi di tipo chiuso confezionati con bitume modificato
- miscele riciclate a freddo MRFE (legante “D2”) con emulsione bituminosa e cemento.

I principali requisiti tecnici che tali leganti devono rispettare sono definiti nelle norme UNI EN 13808 e UNI/TR 11362 e sono riportati in Tabella 2.7.

La DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di emulsioni bituminose cationiche modificate caratterizzate da un contenuto di legante diverso da quello riportato in Tabella 2.7, a condizione che siano rispettati sia il dosaggio finale richiesto per la specifica lavorazione che le caratteristiche del bitume residuo, indicate in Tabella 2.7.

In fase di controllo (paragrafo §2.11.2), il legante deve essere prelevato in accordo alle modalità previste nella norma UNI EN 58. La non rispondenza delle caratteristiche dei leganti a quelle richieste nella Tabella 2.7 comporta l'applicazione delle penali specificate nell'Articolo 3, nell'Articolo 4 e nell'Articolo 5.

Sulla base di quanto riportato nella Tabella 2.7, le emulsioni bituminose di tipo “D1” sono designate con la sigla C65BP3 secondo la norma UNI EN 13808 e le emulsioni bituminose di tipo “D2” sono designate con la sigla C60BP10.

Tabella 2.7.  
Emulsioni bituminose cationiche modificate – Tipo “D1” e “D2”

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Legante “D1”	Legante “D2”
Contenuto di legante	%	UNI EN 1428	63-67	58-62
Indice di rottura	-	UNI EN 13075-1	da 70 a 155 (classe 3)	-
Miscelazione con cemento	g	UNI EN 12848	-	≤ 2 (classe 10)
Sedimentazione (7 giorni di stoccaggio)	%	UNI EN 12847	≤ 10 (classe 3)	≤ 10 (classe 3)
<b>CARATTERISTICHE DEL BITUME RESIDUO (UNI EN 13074-1)</b>				
Penetrazione a 25 °C	0.1 mm	UNI EN 1426	≤ 100	≤ 100
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	≥ 50	≥ 55
Ritorno elastico a 25 °C	%	UNI EN 13398	≥ 50	≥ 50
Energia di coesione con “force ductility” a 10 °C	J/cm <sup>2</sup>	UNI EN 13587 UNI EN 13703	≥ 1	≥ 1

## 2.7. ATTIVANTI DI ADESIONE (AA)

Gli attivanti di adesione (AA) sono sostanze chimiche che hanno la funzione di attivare l'adesione tra il bitume e l'aggregato (agenti tensioattivi di adesività) e vengono utilizzati nel

confezionamento di conglomerati bituminosi che prevedono l'impiego di aggregati vergini di natura acida (es. aggregati porfirici, silicei). Gli attivanti di adesione danno inoltre un importante contributo all'adesione anche nel caso in cui si eseguano lavorazioni in condizioni meteorologiche non favorevoli oppure in presenza di aggregati umidi oppure quando la pavimentazione è esposta a condizioni severe (temperature basse, frequente spargimento di sali fondenti ecc.). In ogni caso, in funzione della natura degli aggregati, della ubicazione della pavimentazione e dello strato interessato dall'intervento, la Committente/DL si riserva la facoltà di definire, a suo insindacabile giudizio, le circostanze in cui dovranno essere impiegati gli attivanti di adesione.

Sulla base di prove comparative, la DL in accordo con la struttura PLB seleziona, tra i prodotti in commercio, quelli che forniscono i migliori risultati.

Con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori, l'Impresa deve fornire alla DL la scheda tecnica dell'additivo AA che intende impiegare, per permetterne l'accettazione. In relazione alle caratteristiche dello stesso, alle specifiche condizioni di impiego e alla natura degli aggregati, devono inoltre essere forniti una descrizione delle modalità di aggiunta dell'AA presso l'impianto di produzione e il dosaggio di additivo da usare, specificandolo nello studio preliminare della miscela di progetto. In linea generale, il dosaggio varia in funzione della natura mineralogica dell'aggregato, delle caratteristiche di viscosità del legante e della miscela da porre in opera (es. dosaggi generalmente maggiori nelle miscele drenanti).

L'immissione degli attivanti di adesione deve essere realizzata con attrezzature e procedure idonee, tali da garantire il corretto dosaggio ed una uniforme dispersione nel legante.

## 2.8. ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI (ACF)

Gli attivanti chimici funzionali (ACF), noti anche come "rigeneranti", sono composti chimici che devono essere utilizzati, ad insindacabile giudizio della DL in accordo con la struttura PLB, come additivi, nei conglomerati bituminosi che prevedono l'impiego di aggregato RA, sia nel caso di conglomerati a caldo che tiepidi, prodotti con bitume normale oppure modificato.

Gli ACF sono additivi specificatamente formulati per migliorare la tecnologia del riciclaggio sia a caldo che tiepido. Essi hanno la funzione di rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato proveniente dalla fresatura di pavimentazioni bituminose, svolgendo le seguenti azioni:

- disperdenti al fine di ottimizzare l'omogeneizzazione del legante nel conglomerato finale ed ottenere una miscela sufficientemente lavorabile;
- ricostituenti delle proprietà chimiche e fisiche del bitume invecchiato;
- attivanti di adesione;
- peptizzanti e diluenti nei confronti del bitume invecchiato ancora legato alle superfici degli elementi lapidei costituenti dell'aggregato RA;
- antiossidanti in contrapposizione agli effetti ossidativi dovuti ai raggi ultravioletti e alle azioni termiche subite dalla pavimentazione.

Considerando che gli ACF svolgono anche la funzione di attivanti di adesione, nel caso in cui in un conglomerato bituminoso sia previsto l'impiego di ACF, l'aggiunta degli AA può essere omessa.

Con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori, l'Impresa deve fornire alla DL la scheda tecnica dell'additivo ACF che intende impiegare, per permetterne l'accettazione. In relazione alle caratteristiche dello stesso e alle specifiche condizioni di impiego, devono inoltre essere forniti una descrizione delle modalità di aggiunta dell'ACF presso l'impianto di produzione e il dosaggio di additivo da usare (da esprimere in funzione della percentuale di aggregato RA impiegato), specificandolo nello studio preliminare della miscela di progetto.

L'immissione degli attivanti chimici funzionali deve essere realizzata con attrezzature e procedure idonee, tali da garantire il corretto dosaggio ed una uniforme dispersione nel legante.

## 2.9. ADDITIVI CHIMICI PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TIEPIDI (ACT)

Gli additivi chimici per la produzione di conglomerati bituminosi tiepidi (ACT) sono composti chimici polifunzionali a formulazione complessa che vengono utilizzati come additivi nei conglomerati bituminosi tiepidi, anche in presenza di materiale riciclato proveniente dalla fresatura di pavimentazioni bituminose.

Essi svolgono una triplice azione in quanto permettono di:

- rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato presente nell'aggregato RA eventualmente impiegato;
- promuovere le proprietà di adesione del bitume agli aggregati;
- consentire l'abbassamento delle temperature di produzione, posa in opera e compattazione dei conglomerati bituminosi rispetto a quelle tradizionalmente impiegate, migliorando la lavorabilità delle miscele cosiddette "tiepide"

Considerando che gli ACT svolgono sia funzione di attivanti di adesione che di rigeneranti del bitume invecchiato, nel caso in cui in un conglomerato bituminoso sia previsto l'impiego di ACT per la produzione tiepida, l'aggiunta di AA e di ACF può essere omessa.

Con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori, l'Impresa deve fornire alla DL la scheda tecnica dell'additivo ACT che intende impiegare, per permetterne l'accettazione. In relazione alle caratteristiche dello stesso e alle specifiche condizioni di impiego, devono inoltre essere forniti una descrizione delle modalità di aggiunta dell'ACT presso l'impianto di produzione e il dosaggio di additivo da usare, specificandolo nello studio preliminare della miscela di progetto

L'immissione degli additivi chimici per conglomerati bituminosi tiepidi deve essere realizzata con attrezzature e procedure idonee, tali da garantire il corretto dosaggio ed una uniforme dispersione nel legante.

## 2.10. FIBRE

Nel caso di conglomerati bituminosi ad elevata percentuale di vuoti (CBD, CBDS, IPD, CBDST) e di conglomerati bituminosi antisdrucchiolo (SMA), l'aggiunta delle fibre è obbligatoria allo scopo di ridurre la percolazione e il trasudamento del bitume, aumentare lo spessore della pellicola di bitume che riveste l'aggregato, nonché di migliorare le prestazioni delle miscele agendo come elementi rinforzanti.

Le fibre impiegate in ambito autostradale sono di cellulosa (FC) oppure miste (es. vetro e cellulosa). In generale, è preferibile l'impiego di fibre di tipo misto, costituite da fibre di vetro pressate e agglomerate tramite l'impiego di prodotti addensanti quali ad esempio la cellulosa, aventi l'obiettivo di evitare la dispersione in aria della fibra di vetro. La DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di fibre differenti da quelle descritte.

Con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori, l'Impresa deve fornire alla DL la scheda tecnica delle fibre che intende impiegare, per permetterne l'accettazione. In relazione alle caratteristiche delle stesse e alle specifiche condizioni di impiego, devono inoltre essere forniti una descrizione delle modalità di aggiunta delle fibre presso l'impianto di produzione e il loro dosaggio, specificandolo nello studio preliminare della miscela di progetto

Le fibre vanno inserite, con procedure e attrezzature idonee, nella camera di miscelazione del conglomerato bituminoso, allo scopo di garantirne la disgregazione, il corretto dosaggio e una dispersione uniforme all'interno della miscela di conglomerato.

## 2.11. PREQUALIFICA, CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

### 2.11.1. PRE-QUALIFICA

Prima dell'inizio dei lavori, la Committente effettuerà delle prove di pre-qualifica presso il Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano (RM), per l'accettazione preventiva dei leganti bituminosi, così come descritti nel presente Articolo 2

L'accettazione preliminare sarà validata mediante l'utilizzo di apposite procedure (metodologia di prova interna ASPI) che prevedono anche prove di resistenza effettuate su una miscela campione avente come legante quello oggetto di approvazione. Le prove di pre-qualifica dei leganti sono a carico dell'impresa.

### 2.11.2. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

Durante le lavorazioni la DL con il supporto della struttura PLB effettuerà delle verifiche su campioni di legante bituminoso prelevati in impianto nelle cisterne e/o nei serbatoi di stoccaggio, in accordo alle modalità previste nella norma UNI EN 58.

Il numero e le tipologie di prove da effettuare sui campioni di legante bituminoso saranno definiti dalla DL in accordo con la struttura PLB sulla base dei requisiti richiesti, per i singoli leganti bituminosi, nelle Tabelle 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 e 2.7.

La mancata rispondenza dei leganti bituminosi alle caratteristiche indicate nei precedenti paragrafi determinerà l'applicazione di penali in conformità a quanto prescritto nel paragrafo §3.4.5.1, paragrafo §3.5.6.1, paragrafo §3.6.6.1, paragrafo §3.7.3.2, paragrafo §4.5.1, paragrafo §4.6.3.3, paragrafo §5.5.1 e paragrafo §5.6.3.3.

### 3. MISCELE PER STRATI DI FONDAZIONE, SOTTOBASE E BASE

#### 3.1. STRATO DI FONDAZIONE IN MISTO GRANULARE NON LEGATO

##### 3.1.1. DESCRIZIONE

Strato di fondazione in misto granulare non legato prodotto in impianto fisso o mobile, trasportato in cantiere, steso con grader o vibrofinitrice e costipato con rulli in conformità con le presenti specifiche, con lo spessore e la sagoma indicate nel progetto. Il misto granulare è costituito da aggregati naturali, artificiali o riciclati, senza l'aggiunta di leganti cementizi o bituminosi.

##### 3.1.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la produzione in impianto dei misti granulari, possono essere utilizzati aggregati naturali, artificiali e riciclati purché rispondenti ai requisiti richiesti dalla legislazione ambientale vigente. Le frazioni granulometriche impiegate devono essere conformi al Regolamento UE n. 305/2011. Ciascuna fornitura, incluse quelle di aggregato RA, deve essere accompagnata dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di prestazione che attesti il possesso dei requisiti indicati nell'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 e al DM 11/04/2007 (Sistema di attestazione della conformità: 2+).

Si precisa che, quando viene sottoposto alle prove di qualifica previste all'interno di tale norma, l'aggregato RA non deve essere riscaldato oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalle norme per il raggiungimento della massa costante.

Tutte le frazioni granulometriche impiegate, indipendentemente dalla natura, devono soddisfare i requisiti indicati in Tabella 3.1. L'aggregato naturale può essere impiegato in frazione unica o in più classi dimensionali (aggregati grossi e fini).

L'eventuale impiego di aggregato RA (Reclaimed Asphalt) è ammesso nella misura massima del 30% in peso della miscela di aggregati.

In caso di utilizzo di aggregati di riciclo provenienti da costruzione e demolizione, la frazione granulometrica a disposizione deve avere dimensione massima maggiore o uguale a 20 mm. In ogni caso, le frazioni granulometriche contenenti aggregati di riciclo devono avere una composizione, da determinare in accordo alla norma UNI EN 933-11, che soddisfi i requisiti riportati nella Tabella 3.2.

Il misto granulare deve avere una curva granulometrica di progetto "in volume" ricadente nel fuso riportato nella Tabella 3.3. Si precisa che la distribuzione granulometrica in volume può essere ottenuta da quella in peso, tenendo conto della massa volumica delle frazioni granulometriche impiegate. Per consentire il controllo in fase di esecuzione del rispetto dei passanti in volume, il progetto della miscela dovrà evidenziare, per ogni setaccio, sia la percentuale in volume che quella in peso.

Tabella 3.1

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 80
Sensibilità al gelo <sup>(a)</sup>	UNI EN 1367-1	%	≤ 2
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	%	≥ 50
Indice plastico (IP)	UNI EN ISO 17892-12	-	N.P.

(a) La determinazione della proprietà può essere omessa qualora l'impiego del misto granulare sia previsto in zone non soggette al gelo, o quando l'assorbimento d'acqua ( $WA_{24}$ ) dell'aggregato risulti inferiore allo 1% (UNI EN 1097-6), o quando la resistenza alla frammentazione (LA) risulti non superiore al 25%.

Tabella 3.2

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Rc+ Ru	UNI EN 933-11	%	> 90
Rb		%	≤ 5
Ra		%	≤ 5
Rg		%	≤ 5
X		%	≤ 1
FL		cm <sup>3</sup> /kg	≤ 5

Rc = calcestruzzo, prodotti di calcestruzzo, malta, elementi per muratura di calcestruzzo;

Ru = aggregato non legato, pietra naturale, aggregato legato con leganti idraulici;

Rb = elementi per muratura di laterizio (mattoni, piastrelle);

Ra = materiali bituminosi;

Rg = vetro;

X = legno, plastica, metalli o altre impurità;

FL = proporzione di materiali galleggianti.

Tabella 3.3

Setacci [mm]	Passante in volume [%]
63	100
45	85-100
31.5	75-100
16	53-80
8	36-66
4	24-52
2	16-39
1	11-30
0,5	8-23
0,063	3-10

Le caratteristiche di addensamento del misto granulare devono essere valutate attraverso la determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) al fine di individuare il valore dell'umidità ottimale di costipamento e il corrispondente valore della massima densità del secco.

L'indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47) misurato sul materiale passante al setaccio 22,4 mm dopo quattro giorni di imbibizione in acqua non deve essere minore di 50. Tale requisito deve essere verificato per un intervallo dei valori di umidità di  $\pm 2\%$  rispetto all'umidità ottimale di costipamento. Il valore del rigonfiamento, valutato dopo quattro giorni di imbibizione in acqua, deve essere nullo.

L'Impresa è tenuta a trasmettere alla DL con almeno 15 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, una relazione che riporti:

- le caratteristiche degli aggregati in riferimento alla Tabella 3.1 e Tabella 3.2;
- la composizione e la granulometria della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.1.2 e alla Tabella 3.3;
- il contenuto di acqua ottimo della miscela di progetto e la massa volumica del secco massima in laboratorio, determinata utilizzando il contenuto d'acqua del materiale determinato con il metodo tradizionale (UNI EN 1097-05) e con il metodo con forno a microonde (ASTM D4643);

- le Dichiarazioni di Prestazione (DoP) dei materiali e tutti i certificati attestanti le procedure seguite e i risultati ottenuti.

A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ai materiali e alla procedura dichiarata. Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, da effettuarsi presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 oppure presso un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025 compreso il Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano.

### 3.1.3. POSA IN OPERA

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma e i requisiti di portanza prescritti nel progetto ed essere ripulito da materiale estraneo.

Il materiale granulare deve essere steso mediante finitrice o livellatrice in strati di spessore finito non superiore a 30 cm e non inferiore a 10 cm. Per il costipamento e la rifinitura devono essere impiegati rulli vibranti, rulli gommati o una loro combinazione, tutti semoventi.

Dopo il costipamento la superficie dello strato deve essere uniforme e non presentare segregazione dei suoi componenti.

L'eventuale aggiunta di acqua, per facilitare il costipamento, è da effettuarsi in modo omogeneo mediante dispositivi spruzzatori.

L'idoneità di tutti i mezzi d'opera e delle modalità di costipamento può essere verificata in contraddittorio con la DL attraverso una stesa di prova, da effettuarsi all'inizio delle lavorazioni, usando la miscela messa a punto in fase di progetto. La stesa di prova costituisce un lotto su cui verranno eseguiti i controlli di accettazione relativi alle misure di massa volumica del secco specificati al successivo paragrafo §3.1.4.

Tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite o, comunque, vanno sospese quando le condizioni ambientali (presenza di pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato. In caso di eccesso di umidità o danni dovuti al gelo tali da compromettere la funzionalità dello strato finito, lo stesso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

### 3.1.4. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione dello strato riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) la miscela sciolta prelevata in sito durante le operazioni di stesa;
- 3) lo strato finito.

Le prove di cui ai precedenti punti 2) e 3) sono eseguite suddividendo la produzione in lotti omogenei. Ciascun lotto è normalmente formato dalla produzione di 1 giorno, fino ad un massimo di 1000 m<sup>2</sup>. In condizioni di lavorazione che la DL ritiene omogenee si possono accorpare fino a due lotti. La DL può ordinare la formazione di lotti di minori dimensioni qualora riscontrasse anomalie o disuniformità durante la produzione. L'accettazione dello strato finito avviene per lotto.

Le prove devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025 compreso il centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano. La DL può ordinare la presenza in cantiere di un laboratorio mobile in grado di effettuare sul posto tutte le prove di laboratorio e in sito indicate di seguito.



### 3.1.4.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI

L'accettazione degli aggregati deve essere verificata su campioni prelevati presso l'impianto di produzione ed è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati nel paragrafo §3.1.2.

Tale controllo deve essere effettuato all'inizio dei lavori e, successivamente, con cadenza almeno mensile o comunque ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza o le caratteristiche degli aggregati riportate nella dichiarazione di prestazione. In caso di non conformità le lavorazioni devono essere sospese per consentirne la risoluzione. La DL con il supporto della struttura PLB può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

### 3.1.4.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA

Il controllo della granulometria del misto granulare posto in opera in ciascun lotto va effettuato prelevando il materiale consegnato in sito già miscelato, prima del costipamento. La granulometria della miscela deve essere conforme alla curva granulometrica di progetto, sono ammesse tolleranze di  $\pm 5\%$  per il passante della frazione grossa e di  $\pm 2\%$  per il passante della frazione fine. La DL può rifiutare le forniture in cantiere di misto granulare che, a seguito di ispezione visiva, risultino segregate o con contenuto d'acqua eccessivo. In caso di non conformità, in presenza anche di altri parametri fuori norma e a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova.

### 3.1.4.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO

Il controllo della compattazione dello strato deve essere eseguito in ciascun lotto effettuando almeno 4 prove di massa volumica del secco in sito con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22) in cui la misura del contenuto d'acqua del materiale è effettuata con il metodo con forno a microonde (ASTM D4643).

- Ai fini dell'accettazione del lotto, la media dei valori di massa volumica del secco in sito deve essere uguale o superiore al 98% del valore determinato sulla miscela di progetto (paragrafo §3.1.2).
- Nel caso in cui si verificano valori non conformi, l'Impresa deve procedere all'ulteriore costipamento dello strato fino all'ottenimento dei valori di massa volumica del secco specificati.
- Il mancato raggiungimento della prestazione richiesta può comportare, ad insindacabile giudizio della DL, la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese e cura dell'Impresa

Il controllo della regolarità superficiale può essere eseguito nei punti indicati dalla DL con un regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali o mediante altra metodologia approvata dalla DL. Sono ammessi scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm.

Il controllo delle quote di progetto e dello spessore dello strato può essere eseguito con procedimento topografico, prevedendo il rilievo di una griglia di punti di misura aventi, in direzione longitudinale, un distanziamento massimo di 20 m. La griglia deve, inoltre, permettere la verifica delle pendenze di progetto. Eventuali carenze di quota localizzate, fino a 10 mm, possono essere compensate dallo spessore dello strato superiore senza oneri ulteriori, nel caso di quote superiori a quelle di progetto lo strato, ad insindacabile giudizio della DL, può essere rimosso e risagomato a cura e spese dell'Impresa.

Lo spessore medio dello strato deve essere uguale a quello prescritto in fase di calcolo della pavimentazione, accettando una tolleranza del 5%.

## 3.2. STRATO DI FONDAZIONE O SOTTOBASE IN MISTO CEMENTATO PRODOTTO IN IMPIANTO

### 3.2.1. DESCRIZIONE

Strato di fondazione o sottobase in misto cementato prodotto in impianto fisso o mobile, trasportato in cantiere, steso con vibrofinitrice e costipato con rulli in conformità con le presenti specifiche, con lo spessore e la sagoma indicate nel progetto. Il misto cementato è costituito da aggregati naturali, artificiali o riciclati, legante cementizio e acqua.

### 3.2.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 3.2.2.1. AGGREGATI

Per la produzione in impianto dei misti cementati, possono essere utilizzati aggregati naturali, artificiali e riciclati purché rispondenti ai requisiti richiesti dalla legislazione ambientale vigente.

Le frazioni granulometriche impiegate devono essere conformi al Regolamento UE n. 305/2011. Ciascuna fornitura, incluse quelle di aggregato RA, deve essere accompagnata dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di prestazione che attesti il possesso dei requisiti indicati nell'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 e al DM 11/04/2007 (Sistema di attestazione della conformità: 2+). Si precisa che, quando viene sottoposto alle prove di qualifica previste all'interno di tale norma, l'aggregato RA non deve essere riscaldato oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalle norme per il raggiungimento della massa costante.

Tutte le frazioni granulometriche impiegate, indipendentemente dalla natura, devono soddisfare i requisiti indicati in Tabella 3.4.

Tabella 3.4

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Dimensione massima	UNI EN 933-1	mm	31,5
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 50
Sensibilità al gelo <sup>(a)</sup>	UNI EN 1367-1	%	≤ 1
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	%	≥ 35
Indice plastico (IP)	UNI EN ISO 17892-12	-	N.P.
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1	%	assente
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3	%	assenti
Solfati solubili in acido	UNI EN 1744-1	%	≤ 0,8

(a) La determinazione della proprietà può essere omessa qualora l'impiego del misto cementato sia previsto in zone non soggette al gelo, o quando l'assorbimento d'acqua ( $WA_{24}$ ) dell'aggregato risulti inferiore allo 1% (UNI EN 1097-6), o quando la resistenza alla frammentazione (LA) risulti non superiore al 25%.

Il dosaggio di aggregato RA non deve superare il 50% del peso secco della miscela di aggregati.

Le frazioni granulometriche contenenti aggregati di riciclo proveniente da costruzione e demolizione devono avere dimensione massima maggiore o uguale a 20 mm e una composizione, da determinare in accordo alla norma UNI EN 933-11, che soddisfi i requisiti riportati nella Tabella 3.5.

Tabella 3.5

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
R <sub>c</sub> + R <sub>u</sub>	UNI EN 933-11	%	> 90
R <sub>b</sub>		%	≤ 5
R <sub>a</sub>		%	≤ 5
R <sub>g</sub>		%	≤ 1
X		%	≤ 1
F <sub>L</sub>		cm <sup>3</sup> /kg	≤ 5

R<sub>c</sub> = calcestruzzo, prodotti di calcestruzzo, malta, elementi per muratura di calcestruzzo;  
R<sub>u</sub> = aggregato non legato, pietra naturale, aggregato legato con leganti idraulici;  
R<sub>b</sub> = elementi per muratura di laterizio (mattoni, piastrelle);  
R<sub>a</sub> = materiali bituminosi;  
R<sub>g</sub> = vetro;  
X = legno, plastica, metalli o altre impurità;  
F<sub>L</sub> = proporzione di materiali galleggianti

### 3.2.2.2. LEGANTE CEMENTIZIO

Il legante cementizio deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1.

È consentito l'impiego di tutti i cementi comuni previsti dalla norma, preferibilmente delle classi di resistenza 32.5 e 42.5.

### 3.2.2.3. ACQUA

L'acqua deve essere esente da qualsiasi sostanza che possa inficiare le prestazioni del legante e della miscela. L'acqua deve essere conforme alla norma UNI EN 1008.

### 3.2.2.4. AGGIUNTE

È ammesso l'utilizzo di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450, sia ad integrazione dell'aggregato fine che in parziale sostituzione del cemento.

La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, è stabilita nella fase di studio della miscela e comunque non può superare il 40% del peso del cemento indicato in prima istanza.

## 3.2.3. PROGETTO DELLA MISCELA

La granulometria, i valori di progetto del contenuto d'acqua, del dosaggio di legante cementizio (e delle eventuali aggiunte), espressi come percentuale in peso rispetto al totale della miscela di aggregati, sono stabiliti in base ad uno studio di laboratorio. Tale studio deve essere eseguito da un laboratorio certificato ai sensi della norma UNI EN ISO 9001 :2015 (settore di accreditamento 34; prove di laboratorio su conglomerati bituminosi, bitumi modificati da polimeri e calcestruzzi )

### 3.2.3.1. DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA

La miscela di aggregati da impiegare per il confezionamento dei misti cementati in impianto può essere ottenuta adottando aggregati in frazione unica o mediante combinazione di più classi dimensionali. In ogni caso la granulometria di progetto "in volume" deve ricadere nel fuso riportato in Tabella 3.6.

Si precisa che la distribuzione granulometrica in volume può essere ottenuta da quella in peso, tenendo conto della massa volumica delle frazioni granulometriche impiegate.

Inoltre, poiché il bitume presente nell'aggregato RA è parte integrante dei granuli, si deve fare riferimento alla distribuzione granulometrica dell'aggregato RA ante estrazione ("curva nera").

Per consentire il controllo in fase di esecuzione del rispetto dei passanti in volume, il progetto della miscela dovrà evidenziare, per ogni setaccio, sia la percentuale in volume che quella in peso.

Tabella 3.6

Setacci [mm]	Passante in volume [%]
40	100
31.5	85-100
20	65-85
16	58-77
10	44-60
6.3	35-50
4	26-40
2	18-30
0.5	8-20
0.25	6-15
0.063	3-10

### 3.2.3.2. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA

Per determinare il contenuto d'acqua di progetto, la miscela granulare conforme al fuso granulometrico deve essere integrata con il dosaggio atteso di legante cementizio (per esempio 4% sul peso degli aggregati), per poi procedere alla determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) al fine di individuare il valore dell'umidità ottima di costipamento e il corrispondente valore della massima densità del secco. La misura del contenuto d'acqua del materiale è effettuata utilizzando sia il metodo tradizionale (UNI EN 1097-05) che il metodo con forno a microonde (ASTM D4643).

### 3.2.3.3. DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DI LEGANTE CEMENTIZIO

Per determinare il dosaggio di progetto del legante cementizio (e delle eventuali aggiunte) sono valutati diversi dosaggi, usualmente pari a 3, 4 e 5% sul peso secco degli aggregati. Per ogni miscela, prodotta con diverso tenore di legante e adottando il contenuto d'acqua di progetto, devono essere confezionati con metodo Proctor, energia Modificata (UNI EN 13286-2):

- 3 provini aventi altezza di 120 mm (compattati in 5 strati con 56 colpi per strato) da sottoporre a prova di resistenza a trazione indiretta  $R_t$  (UNI EN 13286-42) con gradiente di carico di 0,05 MPa/s;
- 3 provini aventi altezza di 180 mm (compattati in 5 strati con 85 colpi per strato) da sottoporre a prova di resistenza a compressione non confinata  $R_c$  (UNI EN 13286-41) con gradiente di carico di 1 MPa/s.

Inoltre, deve essere determinata la massa volumica del secco per tutti i provini (UNI EN 13286-2). Dopo la compattazione, i provini devono essere conservati nelle fustelle sigillate (o in ambiente con umidità relativa non inferiore al 90%) per 1 giorno, poi estratti e stagionati in condizione sigillata (o in ambiente con umidità relativa non inferiore al 90%) per ulteriori 6 giorni a 20°C.

Ai fini della scelta del contenuto ottimo di legante cementizio, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Resistenza media a trazione  $R_{t,media} \geq 0,30$  MPa;
- Resistenza media a compressione non confinata  $R_{c,media}$  compresa nell'intervallo 3,0 - 5,0 MPa.

L'Impresa è tenuta a trasmettere alla Direzioni Lavori con almeno 15 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, una relazione che riporti:

- le caratteristiche degli aggregati in riferimento alle Tabelle 3.4 e 3.5;
- la composizione e la granulometria della miscela granulare di progetto in riferimento al paragrafo §3.2.3 e alla Tabella 3.6;
- le caratteristiche del legante cementizio e delle eventuali aggiunte;
- il dosaggio di legante cementizio e di acqua della miscela di progetto, la massa volumica del secco massima in laboratorio;
- la resistenza a trazione indiretta e la resistenza a compressione della miscela di progetto;
- le Dichiarazioni di Prestazione (DoP) dei materiali e tutti i certificati attestanti le procedure seguite e i risultati ottenuti.

A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ai materiali e alla procedura dichiarata. Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, da effettuarsi presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025.

#### 3.2.4. CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

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

L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto indicate nella documentazione presentata per l'approvazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono contaminare gli aggregati. I cumuli delle diverse pezzature di aggregato devono essere separati tra di loro per evitare la mescolanza tra aggregati differenti e l'operazione di rifornimento attraverso i pre-dosatori delle tramogge deve essere eseguita con la massima cura per regolare il deflusso degli aggregati secondo le specifiche di progetto. Per ciascuna delle classi di aggregati impiegate deve essere utilizzato un pre-dosatore dedicato. Non è permesso il mescolamento di cementi o leganti di diversa tipologia e classe di resistenza. Lo stoccaggio del cemento e delle eventuali aggiunte deve essere effettuato garantendo la protezione dall'umidità atmosferica e da impurità.

#### 3.2.5. POSA IN OPERA

La miscela di misto cementato deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accettata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e capacità portante prescritti. Prima di effettuare la stesa è necessario correggere ogni eventuale depressione o avvallamento riscontrati sul piano di posa, oltre a provvedere ad un'adeguata bagnatura dello stesso in caso risultasse non sufficientemente umido, evitando la formazione di una superficie fangosa.

La miscela deve essere stesa in singolo strato di spessore non superiore a 25 cm mediante l'impiego di vibrofinitrici. Il tempo massimo intercorrente tra la miscelazione e l'inizio delle operazioni di compattazione non deve superare i 60 minuti o, comunque, essere compatibile con il tempo di inizio presa del legante cementizio utilizzato per non pregiudicare la lavorabilità della miscela.

A insindacabile giudizio della DL, la lavorazione deve essere sospesa con temperatura dell'aria inferiore a 10 °C, superiore a 35 °C oppure in caso di pioggia.

In particolari condizioni climatiche (elevate temperature, soleggiamento, ventilazione) è necessario proteggere la miscela durante il trasporto dall'impianto di produzione al luogo di impiego per evitare un'eccessiva perdita di umidità. In caso si verificasse tale circostanza, l'Impresa potrà procedere ad una umidificazione controllata della miscela durante la stesa per garantire il contenuto d'acqua ottimale di stesa.

La compattazione è eseguita immediatamente dopo la stesa con un rullo monocilindro vibrante da almeno 140 kN e un rullo gommato da almeno 180 kN. L'idoneità dei mezzi d'opera e le modalità di stesa e costipamento possono essere verificate in contraddittorio con la DL attraverso una stesa di prova, da effettuarsi prima dell'inizio delle lavorazioni, usando le miscele messe a punto in fase di progetto. La stesa di prova costituisce il lotto su cui verranno eseguiti i controlli di accettazione relativi alle misure di massa volumica del secco specificati al paragrafo §3.2.6.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Ogni giunto trasversale deve essere rettificato con il taglio (fresatura) dell'ultima parte dello strato precedentemente realizzato, in modo da ottenere una parete verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

L'estradosso dello strato deve essere sagomato nel rispetto delle quote e delle pendenze di progetto. Subito dopo le operazioni di costipamento e finitura superficiale dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa cationica non modificata (paragrafo §2.5, Tabella 2.6, legante "C1") in ragione di 1 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo e successivo spargimento di sabbia.

Deve essere garantito un tempo di maturazione protetta almeno pari a 48 ore. Il transito di cantiere può essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite compatibilmente con il raggiungimento di adeguate resistenze meccaniche da parte del misto cementato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, dalla circolazione dei mezzi di cantiere o da altre cause devono essere rimossi e ricostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

### 3.2.6. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione dello strato riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) la miscela sciolta prelevata in sito durante le operazioni di stesa, prima e dopo l'aggiunta del legante cementizio;
- 3) lo strato finito.

Le prove di cui ai precedenti punti 2) e 3) sono eseguite suddividendo la produzione in lotti omogenei. Ciascun lotto è normalmente formato dalla produzione di 1 giorno, fino ad un massimo di 1000 m<sup>2</sup>. In condizioni di lavorazione che la DL ritiene omogenee si possono accorpare fino a due lotti.

La DL può ordinare la formazione di lotti di minori dimensioni qualora riscontrasse anomalie o disuniformità durante la produzione. L'accettazione dello strato finito avviene per lotto.

Le prove devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025 compreso il Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano.

La DL può ordinare la presenza in cantiere di un laboratorio mobile in grado di effettuare sul posto tutte le prove di laboratorio e in sito indicate di seguito.

#### 3.2.6.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI

L'accettazione del legante cementizio e delle aggiunte avviene sulla base delle DoP che accompagnano ogni fornitura. Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, sul legante prelevato al momento dello scarico.

L'accettazione degli aggregati deve essere verificata su campioni prelevati presso l'impianto di produzione ed è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati nel paragrafo §3.2.2.1. Tale controllo deve essere effettuato all'inizio dei lavori e, successivamente, con cadenza almeno mensile o comunque ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza o le caratteristiche degli aggregati riportate nella dichiarazione di prestazione. In caso di non conformità le lavorazioni devono essere sospese per consentirne la risoluzione. La DL con il supporto della struttura PLB può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

La DL può ordinare il controllo della granulometria, prelevando la miscela granulare sul nastro trasportare prima dell'impasto con il legante cementizio. La granulometria della miscela deve essere conforme alla curva granulometrica di progetto, ammettendo tolleranze di  $\pm 5\%$  per il passante della frazione grossa e di  $\pm 2\%$  per il passante della frazione fine.

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova.

#### 3.2.6.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA

La DL con il supporto della struttura PLB può rifiutare le forniture in cantiere di misto cementato che, a seguito di ispezione visiva, risultino segregate o con contenuto d'acqua eccessivo. Il controllo delle caratteristiche meccaniche del misto cementato deve essere effettuato prelevando il materiale al momento dello scarico e prima della compattazione.

Per ogni lotto devono essere confezionati con metodo Proctor, energia Modificata (UNI EN 13286-2) 4 provini aventi altezza di 180 mm (compattati in 5 strati con 85 colpi per strato) da sottoporre a prova di resistenza a compressione non confinata (UNI EN 13286-41) con gradiente di carico di 1 MPa/s. Dopo la compattazione, i provini devono essere conservati nelle fustelle sigillate (o in ambiente con umidità relativa non inferiore al 90%) per 1 giorno, poi estratti e stagionati in condizione sigillata (o in ambiente con umidità relativa non inferiore al 90%) ulteriori 6 giorni a 20°C.

Ai fini dell'accettazione la resistenza media a compressione non confinata deve essere compresa nell'intervallo 3,0 - 5,0 MPa.

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

#### 3.2.6.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO

Il controllo della compattazione dello strato deve essere eseguito in ciascun lotto effettuando, subito dopo la posa in opera, almeno 4 prove di massa volumica del secco in sito con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22) in cui la misura del contenuto d'acqua del

materiale può essere effettuata, secondo le indicazioni della DL, con il metodo tradizionale (UNI EN 1097-05) o con il metodo con forno a microonde (ASTM D4643).

Ai fini dell'accettazione del lotto, la media dei valori di massa volumica del secco in sito deve essere uguale o superiore al valore determinato sulla miscela di progetto (paragrafo §3.2.3). In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta prevista la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Il controllo della regolarità superficiale può essere eseguito nei punti indicati dalla DL con un regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali o mediante altra metodologia approvata dalla DL. Sono ammessi scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm.

Il controllo delle quote di progetto e dello spessore dello strato può essere eseguito con procedimento topografico, prevedendo il rilievo di una griglia di punti di misura aventi, in direzione longitudinale, un distanziamento massimo di 20 m. La griglia deve, inoltre, permettere la verifica delle pendenze di progetto. Eventuali carenze di quota localizzate, fino a 10 mm, possono essere compensate dallo spessore dello strato superiore senza oneri ulteriori, nel caso di quote superiori a quelle di progetto lo strato, ad insindacabile giudizio della DL, può essere rimosso e risagomato a cura e spese dell'Impresa.

Lo spessore medio dello strato dovrà essere uguale a quello prescritto in fase di calcolo della pavimentazione, accettando una tolleranza del 5%.

### 3.2.7. CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA

In aggiunta ai controlli in corso d'opera illustrati al paragrafo §3.2.6, è prevista l'esecuzione di controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita che possono dare luogo a penali aggiuntive secondo quanto prescritto all'Articolo 10.



### 3.3. STRATO DI FONDAZIONE O SOTTOBASE IN MISTO CEMENTATO RICICLATO IN SITO

#### 3.3.1. DESCRIZIONE

Strato di fondazione o sottobase in misto cementato prodotto in sito mediante un treno di riciclaggio. Gli aggregati provenienti dagli strati di pavimentazione preesistenti (misto granulare non legato, misto cementato, conglomerato bituminoso) sono fresati e stabilizzati mediante l'apporto di legante cementizio, costipati con rulli in conformità con le presenti specifiche, con lo spessore e la sagoma indicate nel progetto. È possibile sia la correzione granulometrica con aggregati di integrazione sia il riciclaggio in sito di una miscela costituita prevalentemente da aggregati di integrazione. Questa tipologia di intervento determina una modifica della stratigrafia della sovrastruttura e può essere realizzato nei casi in cui si renda necessario aumentarne le caratteristiche di portanza.

#### 3.3.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### 3.3.2.1. AGGREGATI

Per la produzione del misto cementato riciclato in sito per strati di fondazione o sottobase, sono generalmente utilizzati gli aggregati ottenuti dalla fresatura (disgregazione) sul posto degli strati di pavimentazione preesistenti (misto granulare non legato, misto cementato, conglomerato bituminoso) mediante una macchina riciclatrice.

È possibile integrare la miscela granulare ottenuta mediante la fresatura sul posto utilizzando aggregati naturali, artificiali e riciclati. È anche possibile ottenere una miscela granulare costituita prevalentemente da aggregati di integrazione.

Se provenienti dall'esterno del cantiere, le frazioni granulometriche impiegate per l'integrazione devono essere conformi al Regolamento UE n. 305/2011. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di prestazione che attesti il possesso dei requisiti indicati nell'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 e al DM 11/04/2007 (Sistema di attestazione della conformità: 2+).

Anche l'aggregato RA deve essere qualificato e sottoposto a marcatura CE sulla base della norma UNI EN 13242. Si precisa che, quando viene sottoposto alle prove di qualifica previste all'interno di tale norma, l'aggregato RA non deve essere riscaldato oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalle norme per il raggiungimento della massa costante.

Le frazioni granulometriche di integrazione, indipendentemente dalla natura, devono soddisfare i requisiti riportati in Tabella 3.7.

Tabella 3.7

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 50
Sensibilità al gelo <sup>(a)</sup>	UNI EN 1367-1	%	≤ 2
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	%	≥ 35
Indice plastico (IP)	UNI EN ISO 17892-12	%	N.P.
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1	%	assente
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3	%	assenti
Solfati solubili in acido	UNI EN 1744-1	%	≤ 0,8
CBR <sup>(b)</sup>	UNI EN13286-47	%	≥ 50

- (a) La determinazione della proprietà può essere omessa qualora l'impiego dell'aggregato sia previsto in zone non soggette al gelo, o quando l'assorbimento d'acqua (WA24) dell'aggregato risulti inferiore allo 1% (UNI EN 1097-6), o quando la resistenza alla frammentazione (LA) risulti non superiore al 25%.
- (b) Maturazione in ammollo completo per 96 ore. Il valore di rigonfiamento deve essere nullo.

Il dosaggio dell'aggregato RA non deve superare il 50% del peso secco della miscela di aggregati. Le frazioni granulometriche contenenti aggregati di riciclo da costruzione e demolizione devono avere dimensione massima maggiore o uguale a 20 mm e una composizione, da determinare in accordo alla norma UNI EN 933-11, che soddisfi i requisiti riportati nella Tabella 3.8.

Tabella 3.8

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
R <sub>c</sub> + R <sub>u</sub>	UNI EN 933-11	%	> 90
R <sub>b</sub>		%	≤ 5
R <sub>a</sub>		%	≤ 5
R <sub>g</sub>		%	≤ 1
X		%	≤ 1
F <sub>L</sub>		cm <sup>3</sup> /kg	≤ 5

R<sub>c</sub> = calcestruzzo, prodotti di calcestruzzo, malta, elementi per muratura di calcestruzzo;

R<sub>u</sub> = aggregato non legato, pietra naturale, aggregato legato con leganti idraulici;

R<sub>b</sub> = elementi per muratura di laterizio (mattoni, piastrelle);

R<sub>a</sub> = materiali bituminosi;

R<sub>g</sub> = vetro;

X = legno, plastica, metalli o altre impurità;

F<sub>L</sub> = proporzione di materiali galleggianti

### 3.3.2.2. LEGANTE CEMENTIZIO

Il legante cementizio deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. È consentito l'impiego di tutti i cementi comuni previsti dalla norma, preferibilmente delle classi di resistenza 32.5 e 42.5.

### 3.3.2.3. ACQUA

L'acqua deve essere esente da qualsiasi sostanza che possa inficiare le prestazioni del legante e della miscela. L'acqua deve essere conforme alla norma UNI EN 1008.

### 3.3.2.4. CALCE

La calce aerea, idrata o viva, deve essere qualificata in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 459-1. Le calce devono essere del tipo CL 90-S o CL 90-Q.

## 3.3.3. PROGETTO DELLA MISCELA IN CAMPO PROVA

### 3.3.3.1. GENERALITÀ E OPERAZIONI PRELIMINARI

In caso di interventi di limitata estensione, il progetto misto cementato riciclato in sito deve essere svolto con il supporto di una serie di indagini (saggi) con prelievo di adeguato quantitativo di materiale componente la esistente fondazione che permetta di definirne la composizione e le prestazioni.

In caso di interventi di particolare rilevanza per estensione e tipologia di cantierizzazione è raccomandato prevedere l'allestimento di un campo prova, che permetta di definirne la composizione e le prestazioni, nonché le procedure costruttive di dettaglio.

Le procedure costruttive generali sono quelle descritte nel paragrafo §3.3.4.

Il campo prova deve essere pianificato dalla DL con il supporto della struttura PLB e inserito in un tratto all'interno del cantiere ritenuto rappresentativo per la lavorazione da svolgere.

Per scegliere la posizione del campo prova devono essere preliminarmente eseguiti, almeno ogni 500 m, dei prelievi del materiale coinvolto nel processo di riciclaggio per identificare eventuali disomogeneità in termini di stratigrafia e caratteristiche fisiche (dimensione massima degli aggregati e plasticità). Nel caso in cui la DL riscontri sostanziali disomogeneità deve essere pianificato un campo prova per ogni caso caratterizzante.

Il campo prova deve avere larghezza e profondità conformi al progetto. Durante i lavori, se richiesto dalla DL, deve essere presente un laboratorio mobile in grado di effettuare sul posto tutte le prove di laboratorio e in sito indicate di seguito. Tale laboratorio deve essere gestito da un laboratorio ufficiale o autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o da un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025.

### 3.3.3.2. DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA

Nel campo prova gli strati da riciclare devono essere fresati (disgregati) sul posto, tramite uno o più passaggi di macchina riciclatrice o fresa, così da sminuzzare il materiale e possibilmente renderne la granulometria "in volume" conforme al fuso riportato in Tabella 3.9. Si precisa che la distribuzione granulometrica in volume può essere ottenuta da quella in peso, tenendo conto della massa volumica delle frazioni granulometriche impiegate. Inoltre, poiché il bitume presente nell'aggregato RA è parte integrante dei granuli, si deve fare riferimento alla distribuzione granulometrica dell'aggregato RA ante estrazione ("curva nera"). Per consentire il controllo in fase di esecuzione del rispetto dei passanti in volume, lo studio di formulazione dovrà evidenziare, per ogni setaccio, sia la percentuale in volume che quella in peso.

Se il materiale granulare presenta più del 15% di passante al setaccio 0,5 mm e un indice di plasticità superiore a 10, deve essere sottoposto a pretrattamento con calce fino a rendere nullo l'indice di plasticità. In questo caso, la miscela granulare di riferimento deve includere il dosaggio identificato di calce.

Tabella 3.9

Setacci [mm]	Passante in volume [%]
40	100-100
31.5	85-100
25	75-100
20	65-94
10	44-78
4	26-61
2	18-50
0.5	8-30
0,25	6-22
0.063	3-11

Nel caso in cui l'operazione di fresatura dello strato, anche con passate multiple, non permetta la produzione di una granulometria conforme al fuso riportato in Tabella 3.9, è necessario prevedere un'integrazione con aggregati naturali, riciclati o aggregato RA.

Più in generale, l'integrazione con aggregati naturali o con conglomerato bituminoso di recupero è consentita quando permette di migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche della miscela. Gli aggregati per la correzione granulometrica devono essere stesi con il giusto proporzionamento sullo strato reso granulare e pronto da riciclare. La verifica della correzione granulometrica deve essere eseguita su un prelievo effettuato dopo il passaggio della macchina riciclatrice o fresatrice senza l'aggiunta del legante cementizio.

### 3.3.3.3. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA

La miscela granulare resa conforme al fuso granulometrico deve essere prelevata e integrata in laboratorio con il dosaggio atteso di legante cementizio (per esempio 4% sul peso degli aggregati), per poi procedere alla determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) al fine di individuare il valore dell'umidità ottimale di costipamento e il corrispondente valore della massima densità del secco. Sul campione prelevato deve essere determinato anche il contenuto di acqua naturale.

Prima delle operazioni di riciclaggio, la miscela granulare presente in sito nel campo prova deve avere un contenuto di acqua prossimo ( $\pm 2\%$ ) al valore ottimo definito dallo studio di laboratorio almeno 12 ore prima dell'aggiunta dei leganti.

### 3.3.3.4. DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DI LEGANTE CEMENTIZIO

Nel campo prova devono essere preparate almeno tre aree da riciclare (nel seguito indicate come "strisciate") con lunghezza tale da consentire la stabilità di dosaggio del legante cementizio da parte della macchina spanditrice volumetrica (generalmente superiore a 20 m). La DL deve stabilire il miglior posizionamento delle strisciate affinché la spanditrice volumetrica possa distribuire con precisione e regolarità il dosaggio di legante cementizio desiderato. Sulle strisciate sono dosati diversi quantitativi di legante cementizio. Usualmente i dosaggi di legante cementizio da investigare sono pari a 3, 4 e 5% sul peso secco della miscela, calcolato utilizzando il valore della massima densità del secco definito al paragrafo §3.3.3.3. Il peso del legante cementizio lasciato su un metro quadrato dalla spanditrice in movimento deve essere calibrato e verificato sul posto.

Dopo il passaggio della macchina riciclatrice su ciascuna strisciata deve essere effettuato un prelievo della miscela cementizia sciolta.

Per ogni miscela cementizia devono essere confezionati con metodo Proctor, energia Modificata (UNI EN 13286-2):

- 3 provini aventi altezza di 120 mm (compattati in 5 strati con 56 colpi per strato) da sottoporre a prova di resistenza a trazione indiretta  $R_t$  (UNI EN 13286-42) con gradiente di carico di 0,05 MPa/s;
- 3 provini aventi altezza di 180 mm (compattati in 5 strati con 85 colpi per strato) da sottoporre a prova di resistenza a compressione non confinata  $R_c$  (UNI EN 13286-41) con gradiente di carico di 0,1 MPa/s.

Per tutti i provini deve essere, inoltre, determinata la massa volumica del secco (UNI EN 13286-2). Dopo la compattazione, i provini devono essere conservati nelle fustelle sigillate (o in ambiente con umidità relativa non inferiore al 90%) per 1 giorno, poi estratti e stagionati in condizione sigillata (o in ambiente con umidità relativa non inferiore al 90%) per ulteriori 6 giorni a 20°C.

Ai fini della scelta del contenuto ottimo di legante cementizio, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Resistenza media a trazione  $R_{t,media} \geq 0,30$  MPa;
- Resistenza media a compressione non confinata  $R_{c,media}$  compresa nell'intervallo 3,0 - 5,0 MPa.

Dopo la compattazione, su ogni strisciata, devono essere eseguite le seguenti prove in sito:

- 3 prove di massa volumica del secco in sito con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22) in cui la misura del contenuto d'acqua del materiale è effettuata utilizzando sia il metodo tradizionale (UNI EN 1097-05) che il metodo con forno a microonde (ASTM D4643);
- 3 prove di carico su piastra di tipo statico a doppio ciclo (CNR B.U. n. 146) per la misura del modulo di deformazione al primo ciclo  $M_{d1}$  e al secondo ciclo  $M_{d2}$ , da eseguire sia entro due ore dalla compattazione che entro 24 ore;
- 18 prove di carico (6 in prossimità di ogni prova di modulo di deformazione) mediante piastra dinamica leggera (procedura interna ASPI, ASTM E2583) per la misura del modulo dinamico  $E_{LFWD}$ , da eseguire sia entro due ore dalla compattazione che entro 24 ore.

Ai fini della scelta del contenuto ottimo di legante cementizio, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- massa volumica del secco in sito maggiore o uguale della massa volumica del secco dei provini compattati in laboratorio per le prove meccaniche;
- $M_{d1,medio} \geq 80$  MPa entro due ore dalla compattazione e 120 MPa entro 24 ore;
- $(M_{d2}/M_{d1})_{medio} \leq 2,15$  entro due ore dalla compattazione.

La media e la deviazione standard dei valori  $E_{LFWD}$ , sulla strisciata costruita con il dosaggio di progetto del legante, possono essere utilizzate come riferimento per l'accettazione del lotto al termine della compattazione (paragrafo §3.3.5.3).

Al termine del campo prova, nel caso in cui una o più strisciate non verificano i valori medi di  $M_{d1,medio}$  e  $(M_{d2}/M_{d1})_{medio}$  devono essere sottoposte ad ulteriore lavorazione fino al rispetto dei suddetti valori minimi.

Il dosaggio di progetto di legante cementizio è definito come il dosaggio minimo tra quelli indagati che permetta di ottenere una miscela con prestazioni conformi ai requisiti specificati, sia nelle prove in laboratorio che in quelle in sito.

Al termine del campo prova, l'Impresa deve predisporre una relazione che riporti:

- le caratteristiche degli aggregati importati in riferimento al paragrafo §3.3.2.1;
- la composizione e la granulometria della miscela granulare di progetto in riferimento in riferimento al paragrafo §3.3.3.2 e alla Tabella 3.9;
- le caratteristiche del legante cementizio in riferimento al paragrafo §3.3.2.2 e dell'eventuale calce in riferimento al paragrafo §3.3.2.4;
- il contenuto ottimo di legante cementizio e di acqua della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.3.3.4 e al paragrafo §3.3.3.3, rispettivamente;
- la massa volumica del secco in laboratorio, la resistenza a trazione indiretta, la resistenza a compressione della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.3.3.4;
- la massa volumica del secco in sito, il modulo di deformazione, il modulo di rigidezza  $E_{LWD}$  e la deviazione standard dei valori  $E_{LWD}$  della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.3.3.4;
- la descrizione delle procedure operative adottate in campo prova per la miscela di progetto (lavorazioni, tipo di mezzi, tempistiche, numero di passate ecc.) compresa la documentazione fotografica;
- le dichiarazioni di prestazione dei materiali e tutti i certificati attestanti le procedure seguite e i risultati ottenuti.

Tale documentazione deve essere presentata alla DL prima dell'inizio delle lavorazioni.

A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ai materiali e alla procedura dichiarata. Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, da

effettuarsi presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025.

### 3.3.4. POSA IN OPERA

La costruzione dello strato in misto cementato riciclato in sito deve essere realizzata per mezzo di un treno di riciclaggio composto da una spanditrice volumetrica per il legante cementizio, un'autobotte per l'acqua, una macchina riciclatrice, un rullo monocilindro vibrante, un rullo gommato e una livellatrice. Nel seguito sono indicate le procedure operative generali, che sono integrate dalle procedure operative di dettaglio definite nell'ambito del campo prova.

Lo strato esistente deve essere fresato (disgregato) sul posto con una o più passate di macchina riciclatrice o fresa fino alla profondità di progetto, come definito nel campo prova. Tale operazione deve avvenire con congruo anticipo rispetto alla stabilizzazione (aggiunta del legante e compattazione), ciò per permettere il prelievo della miscela granulare sul quale verificare il contenuto d'acqua naturale e la granulometria.

Qualora sia necessaria una correzione granulometrica, una integrazione della miscela granulare oppure non sia a disposizione sul posto il materiale per la realizzazione dello strato, potranno essere importati e miscelati in sito aggregati vergini, riciclati e conglomerato bituminoso di recupero.

I materiali di integrazione devono essere scaricati sul piano di posa e livellati alla quota opportuna (di strato non compattato). Occorre precisare che deve essere previsto il pretrattamento a calce nel caso in cui il materiale da riciclare contenga più del 15% di passante al setaccio 0,5 mm e un indice di plasticità superiore a 10.

Prima dell'aggiunta del legante, il contenuto di acqua naturale del materiale reso granulare deve essere prossimo ( $\pm 2\%$ ) al valore ottimo definito nel progetto della miscela. L'eventuale aggiunta di acqua è da effettuarsi in modo omogeneo mediante dispositivi spruzzatori. Nel caso di contenuto d'acqua troppo elevato è necessario lavorare ulteriormente il materiale granulare in modo da permetterne l'asciugatura per evaporazione. È inoltre consentito l'impegno di quantità limitate di calce viva ( $< 2\%$ ). In nessun caso è consentito aggiungere legante cementizio per compensare l'eccesso di umidità.

A seguito della verifica della rispondenza al progetto del contenuto di acqua, della composizione e della granulometria, il dosaggio ottimo di legante cementizio definito nello studio della miscela deve essere steso sullo strato reso granulare. Quindi la macchina riciclatrice opera fino alla profondità stabilita da progetto per miscelare omogeneamente il materiale granulare con il legante cementizio.

La compattazione è immediatamente eseguita con un rullo monocilindro vibrante da almeno 140 kN e un rullo gommato da almeno 180 kN.

L'estradosso dello strato deve essere sagomato nel rispetto delle quote e delle pendenze di progetto tramite una livellatrice.

A termine della lavorazione è raccomandato inumidire in modo omogeneo mediante dispositivi spruzzatori.

Dopo la compattazione lo strato deve essere protetto con la spruzzatura di emulsione bituminosa cationica (paragrafo §2.5, Tabella 2.6, legante "C1") in ragione di 1 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo, successivamente saturata con lo spargimento di sabbia.

A insindacabile giudizio della DL, la lavorazione può essere sospesa con temperatura dell'aria inferiore a 10 °C, superiore a 35 °C oppure in caso di pioggia.

La macchina riciclatrice deve eseguire una fresatura sul posto dello strato sulla tratta in programma per permettere il campionamento della miscela granulare sul quale verificare la correttezza del contenuto d'acqua e della granulometria. Solo nell'area destinata al prelievo, per simulare la granulometria finale, va seguita un passaggio aggiuntivo di fresa. Nel caso

in cui il contenuto d'acqua e la granulometria non risultino verificati, la DL con il supporto della struttura PLB deve richiedere le opportune correzioni alla miscela granulare.

Deve essere garantito un tempo di maturazione protetta almeno pari a 48 ore. Il transito di cantiere può essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite compatibilmente con il raggiungimento di adeguate resistenze meccaniche da parte del misto cementato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, dalla circolazione dei mezzi di cantiere o da altre cause devono essere rimossi e ricostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

### 3.3.5. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione dello strato riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) la miscela sciolta prelevata in sito durante le operazioni di stesa, prima e dopo l'aggiunta del legante cementizio;
- 3) lo strato finito.

Le prove di cui ai precedenti punti 2) e 3) sono eseguite suddividendo la produzione in lotti omogenei. Ciascun lotto è normalmente formato dalla produzione di 1 giorno, fino ad un massimo di 1000 m<sup>2</sup>. In condizioni di lavorazione che la DL ritiene omogenee si possono accorpare fino a due lotti. La DL può ordinare la formazione di lotti di minori dimensioni qualora riscontrasse anomalie o disuniformità durante la produzione. L'accettazione e il pagamento dello strato finito avvengono per lotto.

Le prove devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025 compreso il Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano. Durante i lavori, se richiesto dalla DL, deve essere presente un laboratorio mobile in grado di effettuare sul posto tutte le prove di laboratorio e in sito indicate di seguito.

#### 3.3.5.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI

L'accettazione del legante cementizio avviene sulla base delle DoP che accompagnano ogni fornitura. Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, sul legante prelevato al momento dello scarico.

L'accettazione degli aggregati di integrazione deve essere verificata su campioni prelevati presso l'impianto di produzione ed è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati nel paragrafo §3.3.2.1. Tale controllo deve essere effettuato all'inizio dei lavori e, successivamente, con cadenza almeno mensile o comunque ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza o le caratteristiche degli aggregati riportate nella dichiarazione di prestazione.

In caso di non conformità le lavorazioni devono essere sospese per consentirne la risoluzione. La DL con il supporto della struttura PLB può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

#### 3.3.5.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA

Il controllo della granulometria in sito e del contenuto naturale di acqua deve essere effettuato prelevando il materiale ottenuto dalla fresatura della pavimentazione esistente, eventualmente corretto con gli aggregati di integrazione, prima dell'aggiunta del legante cementizio. Solo nell'area destinata al prelievo, per simulare la granulometria finale, va seguita un passaggio aggiuntivo di fresa.

La granulometria della miscela deve essere conforme alla curva granulometrica di progetto, ammettendo tolleranze di  $\pm 7\%$  per il passante della frazione grossa e di  $\pm 5\%$  per il passante della frazione fine. In caso di non conformità, la granulometria deve essere corretta, mediante ulteriori passaggi di macchina riciclatrice o fresa oppure con l'integrazione di opportune frazioni di aggregati.

Il controllo delle caratteristiche meccaniche del misto cementato prodotto in sito in ciascun lotto deve essere effettuato prelevando il materiale dopo l'aggiunta del legante cementizio e la sua miscelazione, immediatamente prima della compattazione.

Per ogni lotto devono essere confezionati con metodo Proctor, energia Modificata (UNI EN 13286-2) 4 provini aventi altezza di 180 mm (compattati in 5 strati con 85 colpi per strato) da sottoporre a prova di resistenza a compressione non confinata (UNI EN 13286-41) con gradiente di carico di 0,1 MPa/s. Dopo la compattazione, i provini devono essere conservati nelle fustelle sigillate (o in ambiente con umidità relativa non inferiore al 90%) per 1 giorno, poi estratti e stagionati in condizione sigillata (o in ambiente con umidità relativa non inferiore al 90%) ulteriori 6 giorni a 20°C.

Ai fini dell'accettazione la resistenza media a compressione non confinata deve essere compresa nell'intervallo 3,0 - 5,0 MPa.

In caso di non conformità, in presenza anche di altri parametri fuori norma e a giudizio insindacabile della DL, è applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

### 3.3.5.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO

Il controllo della compattazione dello strato deve essere eseguito in ciascun lotto effettuando, subito dopo la posa in opera, almeno 4 prove di massa volumica del secco in sito con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22) in cui la misura del contenuto d'acqua del materiale è effettuata utilizzando il metodo tradizionale (UNI EN 1097-05) o il metodo con forno a microonde (ASTM D4643), secondo le indicazioni della DL. Si precisa che la miscela prelevata non deve essere riscaldata oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalla norma per il raggiungimento della massa costante.

Ai fini dell'accettazione del lotto, la media dei valori di massa volumica del secco in sito deve essere uguale o superiore al valore determinato sulla miscela di progetto (paragrafo §3.3.3.4).

In alternativa alle prove di densità in sito, la DL, con il supporto della struttura PLB, può basare l'accettazione del lotto sull'esito di prove dinamiche di portanza effettuate mediante LFWD. In tal caso, saranno effettuate, entro 24 ore dalla posa in opera, almeno 20 prove per singolo lotto eseguite su due allineamenti posti a 50 cm dal bordo della strisciata. La media dei valori  $E_{LFWD}$  deve essere superiore al valore medio determinato in campo prova sulla miscela di progetto.

In caso di non conformità, in presenza anche di altri parametri fuori norma e a giudizio insindacabile della DL, è applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Il controllo della regolarità superficiale può essere eseguito nei punti indicati dalla DL con un regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali o mediante altra metodologia approvata dalla DL. Sono ammessi scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm.

Il controllo delle quote di progetto e dello spessore dello strato può essere eseguito con procedimento topografico, prevedendo il rilievo di una griglia di punti di misura aventi, in



direzione longitudinale, un distanziamento massimo di 20 m. La griglia deve, inoltre, permettere la verifica delle pendenze di progetto. Eventuali carenze di quota localizzate, fino a 10 mm, possono essere compensate dallo spessore dello strato superiore senza oneri ulteriori, nel caso di quote superiori a quelle di progetto lo strato, ad insindacabile giudizio della DL, può essere rimosso e risagomato a cura e spese dell'Impresa.

Lo spessore medio dello strato deve essere uguale a quello prescritto in fase di calcolo della pavimentazione, accettando una tolleranza del 5%.

### 3.3.6. CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA

In aggiunta ai controlli in corso d'opera illustrati al paragrafo §3.3.5, è prevista l'esecuzione di controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita che possono dare luogo a penali aggiuntive secondo quanto prescritto all'Articolo 10.

### 3.4. STRATO DI FONDAZIONE O SOTTOBASE RICICLATO A FREDDO IN SITO CON BITUME E CEMENTO

#### 3.4.1. DESCRIZIONE

Strato di fondazione o sottobase riciclato a freddo in sito con bitume e cemento mediante un treno di riciclaggio. Gli aggregati provenienti dagli strati di pavimentazione preesistenti (misto granulare non legato, misto cementato, conglomerato bituminoso) sono fresati e stabilizzati mediante l'apporto di un legante bituminoso, sotto forma di emulsione o di schiuma, e di un legante cementizio, costipati con rulli in conformità con le presenti specifiche, con lo spessore e la sagoma indicate nel progetto. È possibile sia la correzione granulometrica mediante aggregati di integrazione sia il riciclaggio in sito di una miscela costituita prevalentemente da aggregati di integrazione. Questa tipologia di intervento determina una modifica della stratigrafia della sovrastruttura e può essere realizzato nei casi in cui si renda necessario aumentarne le caratteristiche di portanza.

#### 3.4.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### 3.4.2.1. AGGREGATI

Per il riciclaggio a freddo in sito con emulsione bituminosa o bitume schiumato e cemento per strati di fondazione o sottobase, sono generalmente utilizzati gli aggregati ottenuti dalla fresatura (disgregazione) sul posto degli strati di pavimentazione preesistenti (misto granulare non legato, misto cementato, conglomerato bituminoso) mediante macchina riciclatrice o fresa. È possibile integrare la miscela granulare ottenuta mediante la fresatura sul posto utilizzando aggregati naturali (aggregato grosso, fine e filler) e conglomerato bituminoso di recupero (aggregato RA).

È anche possibile ottenere una miscela granulare costituita prevalentemente da aggregati di integrazione. Si precisa che il bitume presente nell'aggregato RA è da considerare inattivo e pertanto non costituisce un legante. Unitamente alla componente minerale esso è invece da considerare parte dei granuli dell'aggregato RA.

Se provenienti dall'esterno del cantiere, le frazioni granulometriche impiegate per l'integrazione devono essere conformi al Regolamento UE n. 305/2011. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di prestazione che attesti il possesso dei requisiti indicati nell'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 e al DM 11/04/2007 (Sistema di attestazione della conformità: 2+).

Anche l'aggregato RA deve essere qualificato e sottoposto a marcatura CE sulla base della norma UNI EN 13242. Si precisa che, quando viene sottoposto alle prove di qualifica previste all'interno di tale norma, il l'aggregato RA non deve essere riscaldato oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalle norme per il raggiungimento della massa costante. Le frazioni granulometriche di integrazione, indipendentemente dalla natura, devono soddisfare i requisiti riportati in Tabella 3.10.

Tabella 3.10

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 50
Sensibilità al gelo <sup>(a)</sup>	UNI EN 1367-1	%	≤ 2
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	%	≥ 35
Indice plastico (IP)	UNI EN ISO 17892-12	%	N.P.
CBR <sup>(b)</sup>	UNI EN13286-47	%	≥ 50

- (a) La determinazione della proprietà può essere omessa qualora l'impiego dell'aggregato sia previsto in zone non soggette al gelo, o quando l'assorbimento d'acqua (WA24) dell'aggregato risulti inferiore allo 1% (UNI EN 1097-6), o quando la resistenza alla frammentazione (LA) risulti non superiore al 25%.
- (b) Maturazione in ammollo completo per 96 ore. Il valore di rigonfiamento deve essere nullo.

#### 3.4.2.2. LEGANTE CEMENTIZIO

Il legante cementizio deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. È consentito l'impiego di tutti i cementi comuni previsti dalla norma, preferibilmente delle classi di resistenza 32.5 e 42.5.

#### 3.4.2.3. ACQUA

L'acqua deve essere esente da qualsiasi sostanza che possa inficiare le prestazioni del legante e della miscela. L'acqua deve essere conforme alla norma UNI EN 1008.

#### 3.4.2.4. CALCE

La calce aerea idrata o viva, deve essere qualificata in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 459-1. Le calce devono essere del tipo CL 90-S o CL 90-Q.

#### 3.4.2.5. LEGANTE BITUMINOSO

Il bitume (nel caso si utilizzi il processo di schiumatura) o l'emulsione bituminosa devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della rispettiva norma europea armonizzata (UNI EN 12591 per il bitume e UNI EN 13808 per l'emulsione bituminosa). Le caratteristiche del legante bituminoso sotto forma di schiuma di bitume o di emulsione bituminosa sono riportate rispettivamente nel paragrafo §2.2.2 (Tabella 2.2 e Tabella 2.3, legante "A1") e nel paragrafo §2.5 (Tabella 2.6, legante "C2").

### 3.4.3. PROGETTO DELLA MISCELA IN CAMPO PROVA

#### 3.4.3.1. GENERALITÀ E OPERAZIONI PRELIMINARI

In caso di interventi di limitata estensione, il progetto della miscela riciclata a freddo in sito con emulsione bituminosa o bitume schiumato e cemento deve essere svolto con il supporto di una serie di indagini (saggi) con prelievo di adeguato quantitativo di materiale componente la esistente fondazione che permetta di definirne la composizione e le prestazioni.

In caso di interventi di particolare rilevanza per estensione e tipologia di cantierizzazione è raccomandato prevedere l'allestimento di un campo prova, che permetta di definirne la composizione e le prestazioni, nonché le procedure costruttive di dettaglio.

Le procedure costruttive generali sono quelle descritte nel paragrafo §3.4.4.

Il campo prova deve essere pianificato dalla DL con il supporto della struttura PLB e inserito in un tratto all'interno del cantiere ritenuto rappresentativo per la lavorazione da svolgere. Per scegliere la posizione del campo prova devono essere preliminarmente eseguiti, almeno ogni 500 m, dei prelievi del materiale coinvolto nel processo di riciclaggio per identificare eventuali disomogeneità in termini di stratigrafia e caratteristiche fisiche (dimensione massima degli aggregati e plasticità). Nel caso in cui la DL riscontri sostanziali disomogeneità deve essere pianificato un campo prova per ogni caso caratterizzante.

Il campo prova deve avere larghezza e profondità conformi al progetto. Durante i lavori, se richiesto dalla DL, deve essere presente un laboratorio mobile in grado di effettuare sul posto tutte le prove di laboratorio e in sito indicate di seguito. Tale programma di prove deve essere gestito da un laboratorio ufficiale o autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o da un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025.

### 3.4.3.2. DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA

Nel campo prova gli strati da riciclare devono essere fresati (disgregati) sul posto, tramite uno o più passaggi di macchina riciclatrice o fresa, così da sminuzzare il materiale e possibilmente renderne la granulometria "in volume" conforme al fuso riportato in Tabella 3.11.

Si precisa che la distribuzione granulometrica in volume può essere ottenuta da quella in peso, tenendo conto della massa volumica delle frazioni granulometriche impiegate.

Per consentire il controllo in fase di esecuzione del rispetto dei passanti in volume, lo studio di formulazione dovrà evidenziare, per ogni setaccio, sia la percentuale in volume che quella in peso.

Se il materiale granulare presenta più del 15% di passante al setaccio 0,5 mm e un indice di plasticità superiore a 10, deve essere sottoposto a pretrattamento con calce fino a rendere nullo l'indice di plasticità. In questo caso, la miscela granulare di riferimento deve includere il dosaggio identificato di calce.

Tabella 3.11

Setacci [mm]	Passante in volume [%]
40	100-100
31,5	85-100
20	70-95
10	50-80
4	30-55
2	20-40
0,5	10-20
0,25	7-15
0.063	5-10

Nel caso in cui l'operazione di fresatura dello strato, anche con passate multiple, non permetta la produzione di una granulometria conforme al fuso riportato in Tabella 3.11, oppure per migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche della miscela, è necessario prevedere un'integrazione con aggregati naturali o con aggregato RA. Gli aggregati per la correzione granulometrica devono essere stesi con il giusto proporzionamento sullo strato reso granulare e pronto da riciclare.

La verifica della correzione granulometrica deve essere eseguita su un prelievo effettuato dopo il passaggio della macchina riciclatrice o fresatrice senza l'aggiunta del legante cementizio.

La granulometria di progetto della miscela di aggregati deve ricadere nel fuso riportato in Tabella 3.11. Si precisa che, poiché il bitume presente nell'aggregato RA è parte integrante dei granuli, si deve fare riferimento alla distribuzione granulometrica dell'aggregato RA ante estrazione ("curva nera").

### 3.4.3.3. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA

Sulla miscela di aggregati di progetto deve essere determinato il valore di progetto del contenuto di acqua riferito al peso degli aggregati asciutti e il corrispondente valore della massa volumica del secco. La procedura da seguire è illustrata nel seguito:

- La miscela granulare deve essere essiccata fino a massa costante e se ne deve determinare il contenuto d'acqua (UNI EN 1097-5). Vista la presenza di aggregato RA, la temperatura di essiccazione non deve essere superiore a 50 °C;
- Dopo l'essiccazione, il materiale deve essere suddiviso in almeno tre campioni mediante quartatura (UNI EN 932-2) e ciascun campione deve essere umidificato aggiungendo un diverso contenuto d'acqua (ad esempio 3, 4 e 5 % sul peso degli aggregati asciutti) e deve quindi essere mantenuto sigillato per almeno 12 ore al fine di permettere un'omogenea distribuzione dell'umidità;
- Subito prima della miscelazione, a ciascun campione umidificato deve essere aggiunto il dosaggio atteso di legante cementizio (ad esempio 2% sul peso degli aggregati);
- Per ogni campione devono essere compattati almeno 3 provini utilizzando un compattatore giratorio (UNI EN 12697-31). Il protocollo per la compattazione prevede l'utilizzo di una fustella non drenata di diametro 150 mm, una pressione di  $600 \pm 18$  kPa, un angolo interno di rotazione di  $1,16 \pm 0,02^\circ$ , una velocità di rotazione di 30 rpm e numero di rotazioni pari a 100;
- La massa del campione da compattare deve essere di  $2800 \pm 10$  g e deve essere registrata prima dell'inizio della compattazione. Dopo la compattazione ciascun provino deve essere estratto dalla fustella e pesato per determinarne l'eventuale perdita rispetto al materiale inserito in fustella, normalmente riconducibile ad acqua espulsa durante la compattazione;
- Se la perdita media dei tre provini supera lo 0,3% del peso iniziale, il contenuto d'acqua è da ritenere eccessivo e deve quindi essere scartato.
- Il dosaggio d'acqua di progetto è il valore massimo tra quelli testati e per cui la perdita in peso media dei tre provini è inferiore allo 0,3%.
- Per tale valore deve essere determinata la massa volumica secca, utilizzando, per ciascun provino: il volume geometrico (determinato dell'altezza finale a 100 giri e del diametro della fustella), la massa umida e il contenuto d'acqua iniziali del provino.

### 3.4.3.4. DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DEI LEGANTI

Nel campo prova devono essere preparate almeno tre aree da riciclare (nel seguito indicate come "strisciate") con lunghezza tale da consentire la stabilità del dosaggio dei leganti da parte delle relative macchine operatrici (generalmente superiore a 20 m).

La DL deve stabilire il miglior posizionamento delle strisciate affinché la spanditrice volumetrica e la macchina riciclatrice possano distribuire con precisione e regolarità il dosaggio dei rispettivi leganti.

La miscela granulare presente in sito deve avere un contenuto di acqua prossimo ( $\pm 2\%$ ) al valore di progetto definito dallo studio di laboratorio (paragrafo §3.4.3.3), almeno 12 ore prima dell'aggiunta dei leganti. Nel caso si utilizzi emulsione bituminosa, tale contenuto di acqua deve risultare dalla somma dell'acqua contenuta nell'emulsione e di acqua aggiunta per umidificare gli aggregati.

Per determinare il dosaggio di progetto dei leganti, sulle strisciate devono essere dosati diversi quantitativi di legante cementizio e di legante bituminoso che danno origine a diverse combinazioni.

I dosaggi da investigare, riferiti al peso secco degli aggregati, dovranno essere:

- bitume (bitume residuo nel caso di emulsione bituminosa) compreso tra l'1,5% e il 3,0%;
- cemento compreso tra 1,5% e 2,5%;
- inoltre, il dosaggio di bitume dovrà essere maggiore o uguale al dosaggio di cemento.

Le quantità di leganti da stendere devono essere calcolate utilizzando il valore della massima densità del secco definito dallo studio di laboratorio. Il peso del legante bituminoso e del legante cementizio lasciato dai mezzi in movimento su un metro quadrato deve essere calibrato e verificato sul posto. A tal fine, dopo il passaggio della macchina riciclatrice su ciascuna strisciata deve essere effettuato un prelievo della miscela riciclata (con i leganti) in stato sciolto.

Per ogni miscela riciclata deve essere verificato il contenuto di acqua e deve essere determinato il contenuto di legante bituminoso (media di due prove effettuate secondo UNI EN 12697-1 o secondo la UNI EN 12697-39 opportunamente calibrata).

Quest'ultimo valore deve corrispondere alla somma del contenuto di bitume della miscela granulata prima del riciclaggio e del dosaggio di bitume aggiunto (schiumato o residuo dell'emulsione), con una tolleranza dello 0,6% (rispetto al peso degli aggregati).

Per ogni miscela riciclata devono essere confezionati 4 provini con compattatore giratorio secondo la procedura esposta al paragrafo §3.4.3.3. Per ciascun provino deve essere determinata la massa volumica secca, utilizzando: il volume geometrico (determinato dell'altezza finale a 100 giri e del diametro della fustella), la massa umida e il contenuto d'acqua iniziali del provino.

I provini devono essere maturati in stufa in condizione non sigillata a 40 °C per 72 ore, successivamente condizionati per almeno 4 ore in camera climatica a 25 °C e infine sottoposti a prova per la determinazione del modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (IT-CY) secondo la norma UNI EN 12697-26 (Appendice C). La deformazione orizzontale imposta deve essere pari a  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ . A seguito della prova di modulo di rigidezza i provini devono risultare non danneggiati. Gli stessi provini devono essere ulteriormente condizionati per almeno 1 ore a 25 °C e sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23).

Ai fini della scelta della combinazione di progetto dei leganti, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Resistenza media a trazione indiretta a 25 °C,  $R_{t,m} \geq 0,40 \text{ MPa}$ ;
- Modulo di rigidezza medio a 25 °C,  $3000 \text{ MPa} \leq E_m \leq 6000 \text{ MPa}$ .

La miscela di progetto è scelta tra quelle che soddisfano tali requisiti, privilegiando le miscele con resistenza elevata e rigidezza contenuta.

Dopo la compattazione su ogni strisciata devono essere eseguite le seguenti prove in sito:

- 3 prove di massa volumica del secco con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22);
- 18 prove di carico (6 in prossimità di ogni prova di densità) mediante piastra dinamica leggera (procedura interna ASPI, ASTM E2583) per la misura del modulo dinamico  $E_{LWD}$ , da eseguire sia entro due ore dalla compattazione che entro 24 ore. La temperatura della pavimentazione deve essere misurata e registrata insieme ai risultati.

Ai fini della scelta della procedura di compattazione, tutti i valori di massa volumica del secco in sito devono essere maggiori del 95% della massa volumica del secco dei rispettivi provini compattati in laboratorio.

La media dei valori  $E_{LWD}$ , sulla strisciata costruita con il dosaggio di progetto dei leganti, dev'essere superiore a 100 MPa e può essere utilizzata, insieme alla deviazione standard, come riferimento per l'accettazione del lotto al termine della compattazione (paragrafo §3.4.5.3).

Al termine del campo prova, nel caso in cui una o più strisciate non verifichino le prestazioni richieste, esse devono essere sottoposte ad ulteriore lavorazione fino all'ottenimento dei suddetti valori minimi.

Al termine del campo prova, l'Impresa deve predisporre una relazione che riporti:

- le caratteristiche degli aggregati di integrazione in riferimento al paragrafo §3.4.2.1;
- la composizione, la granulometria e il contenuto di bitume della miscela granulare di progetto in riferimento al paragrafo §3.4.2.1 e alla Tabella 3.11;
- le caratteristiche del legante cementizio in riferimento al paragrafo §3.4.2.2 e dell'eventuale calce in riferimento al paragrafo §3.4.2.4;
- le caratteristiche del legante bituminoso in riferimento al paragrafo §2.2.2 (Tabella 2.2 e Tabella 2.3, legante "A1") e al paragrafo §2.5 (Tabella 2.6, legante "C2");
- il dosaggio di legante cementizio, legante bituminoso e acqua della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.4.3.4;
- la massa volumica del secco in laboratorio, la resistenza a trazione indiretta, il modulo di rigidezza della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.4.3.4;
- la massa volumica del secco in sito, il modulo di rigidezza  $E_{LWD}$  e la deviazione standard dei valori  $E_{LWD}$  della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.4.3.4;
- la descrizione delle procedure operative adottate in campo prova per la miscela di progetto (lavorazioni, tipo di mezzi, tempistiche, numero di passate ecc.) compresa la documentazione fotografica;
- le Dichiarazioni di Prestazione (DoP) dei materiali e tutti i certificati attestanti le procedure seguite e i risultati ottenuti.

Tale documentazione deve essere presentata alla DL prima dell'inizio delle lavorazioni. A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve attenersi rigorosamente ai materiali e alla procedura dichiarata.

Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, da effettuarsi presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025.

#### 3.4.4. POSA IN OPERA

La costruzione dello strato riciclato a freddo in sito con bitume e cemento deve essere realizzata per mezzo di un treno di riciclaggio composto da una spanditrice volumetrica per il legante cementizio, un'autobotte per l'acqua, un'autobotte per il legante bituminoso (bitume schiumato o emulsione bituminosa), una macchina riciclatrice (dotata di sistema per la schiumatura nel caso di impiego di bitume schiumato), un rullo monocilindro vibrante, un rullo gommato e una livellatrice. Nel seguito sono indicate le procedure operative generali, che devono essere integrate dalle procedure operative di dettaglio definite nell'ambito del campo prova.

Lo strato esistente deve essere fresato (disgregato) sul posto con una o più passate di macchina riciclatrice o fresa, fino alla profondità di progetto. Tale operazione deve avvenire con almeno un giorno di anticipo rispetto all'aggiunta dei leganti e alla compattazione, ciò per consentire il prelievo della miscela granulare sul quale verificare il contenuto d'acqua naturale, il contenuto di bitume e la granulometria.

Qualora sia necessaria una correzione granulometrica, un'integrazione della miscela granulare oppure non sia a disposizione sul posto il materiale per la realizzazione dello strato, potranno essere importati e miscelati in sito aggregati naturali e conglomerato bituminoso di recupero (aggregato RA). I materiali di integrazione devono essere scaricati sul piano di posa e livellati alla quota opportuna (di strato non compattato).

Occorre precisare che deve essere previsto il pretrattamento a calce nel caso in cui il materiale da riciclare contenga più del 15% di passante al setaccio 0,5 mm e un indice di plasticità superiore a 10.

La miscela granulare presente in sito deve avere un contenuto di acqua prossimo ( $\pm 2\%$ ) al valore di progetto definito dallo studio di laboratorio, almeno 12 ore prima dell'aggiunta dei leganti. Nel caso di impiego di emulsione bituminosa, nel calcolo del contenuto di acqua si deve includere anche l'acqua apportata dall'emulsione. L'eventuale aggiunta di acqua è da effettuarsi in modo omogeneo mediante dispositivi spruzzatori. Nel caso di contenuto d'acqua troppo elevato è necessario rilavorare il materiale granulare in modo da permetterne l'asciugatura per evaporazione. È inoltre consentito l'impegno di quantità limitate di calce viva ( $< 2\%$ ). In nessun caso è consentito aggiungere legante cementizio per compensare l'eccesso di umidità.

A seguito della verifica della rispondenza al progetto del contenuto di acqua, della composizione e della granulometria, la quantità di progetto del legante cementizio deve essere stesa sullo strato reso granulare. Quindi la macchina riciclatrice opera iniettando il dosaggio di progetto di legante bituminoso e mescolando omogeneamente fino alla profondità stabilita.

La compattazione è immediatamente eseguita con un rullo monocilindro vibrante da almeno 140 kN e un rullo gommato da almeno 180 kN. L'estradosso dello strato deve essere sagomato nel rispetto delle quote e delle pendenze di progetto tramite una livellatrice.

Dopo 24 ore dalla realizzazione, lo strato deve essere protetto con la spruzzatura di emulsione bituminosa cationica (paragrafo §2.5, Tabella 2.6, legante "C1") in ragione di 1 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo, successivamente saturata con lo spargimento di sabbia. Nel caso di traffico da cantiere o di condizioni meteo avverse, tale operazione deve essere svolta subito dopo la compattazione.

A insindacabile giudizio della DL, la lavorazione può essere sospesa con temperatura dell'aria inferiore a 10 °C, superiore a 35 °C oppure in caso di pioggia.

La macchina riciclatrice o fresa deve eseguire la fresatura sul posto dello strato da riciclare sulla tratta successiva in programma per il riciclaggio. Solo nell'area destinata al prelievo della miscela granulare, sul quale verificare la correttezza del contenuto d'acqua e della granulometria e misurare il contenuto di bitume, deve essere eseguito un passaggio aggiuntivo di fresa per simulare la granulometria finale.

Le lavorazioni successive e l'apertura al traffico di cantiere dipendono dalle resistenze raggiunte, e comunque saranno decise di volta in volta dalla DL.

### 3.4.5. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione dello strato riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) la miscela sciolta prelevata in sito durante le operazioni di stesa, prima e dopo l'aggiunta dei leganti;
- 3) lo strato finito.

Le prove di cui ai precedenti punti 2) e 3) sono eseguite suddividendo la produzione in lotti omogenei. Ciascun lotto è normalmente formato dalla produzione di 1 giorno, fino ad un massimo di 1000 m<sup>2</sup>. In condizioni di lavorazione che la DL ritiene omogenee si possono accorpare fino a due lotti. La DL può ordinare la formazione di lotti di minori dimensioni qualora riscontrasse anomalie o disuniformità durante la produzione. L'accettazione e il pagamento dello strato finito avvengono per lotto.

Le prove devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025



compreso il Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano. Durante i lavori, se richiesto dalla DL, deve essere presente un laboratorio mobile in grado di effettuare sul posto tutte le prove di laboratorio e in sito indicate di seguito.

#### 3.4.5.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI

L'accettazione dei leganti, bituminoso e cementizio, avviene sulla base delle DoP che accompagnano ogni fornitura. Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, sul legante prelevato al momento dello scarico. In caso di non conformità rispetto ai requisiti riportati in Tabella 2.2 e Tabella 2.3 (paragrafo §2.2.2) o in Tabella 2.6 (paragrafo §2.5), in presenza anche di altri parametri fuori norma e a giudizio insindacabile della DL, è applicata una penale pari al 10% del costo di tutti i lotti. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

L'accettazione degli aggregati di integrazione, incluso l'aggregato RA, deve essere verificata su campioni prelevati presso l'impianto di produzione ed è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati nel paragrafo §3.4.2.1.

Tale controllo deve essere effettuato all'inizio dei lavori e, successivamente, con cadenza almeno mensile o comunque ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza o le caratteristiche degli aggregati riportate nella dichiarazione di prestazione. In caso di non conformità le lavorazioni devono essere sospese per consentirne la risoluzione. La DL con il supporto della struttura PLB può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

#### 3.4.5.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA

Il controllo della granulometria in sito, del contenuto naturale di acqua e del contenuto di bitume della miscela prodotta in ciascun lotto deve essere effettuato prelevando il materiale ottenuto dalla fresatura della pavimentazione esistente, eventualmente corretto con gli aggregati di integrazione, prima dell'aggiunta dei leganti. Solo nell'area destinata al prelievo, per simulare la granulometria finale, deve essere seguita un passaggio aggiuntivo di fresa. Le procedure di prelievo e prova sono le stesse indicate nel paragrafo §3.4.3.

La granulometria della miscela deve essere conforme alla curva granulometrica di progetto, ammettendo tolleranze di  $\pm 7\%$  per il passante della frazione grossa e di  $\pm 5\%$  per il passante della frazione fine. In caso di non conformità, la granulometria deve essere corretta, mediante ulteriori passaggi di macchina riciclatrice o fresa oppure con l'integrazione di opportune frazioni di aggregati.

Il controllo del dosaggio di bitume aggiunto e delle caratteristiche meccaniche della miscela prodotta in ciascun lotto deve essere effettuato prelevando il materiale dopo l'aggiunta dei leganti e la sua miscelazione, immediatamente prima della compattazione.

Deve essere determinato il contenuto di bitume della miscela prelevata (media di due prove effettuate secondo UNI EN 12697-1 o secondo la UNI EN 12697-39 opportunamente calibrata). Tale valore deve corrispondere alla somma del contenuto di bitume della miscela granulare prelevata prima dell'aggiunta dei leganti e del dosaggio di bitume aggiunto (schiumato o residuo dell'emulsione), con una tolleranza dello 0,6% (rispetto al peso degli aggregati).

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Per ogni lotto devono essere confezionati 4 provini con compattatore giratorio secondo la procedura esposta al paragrafo §3.4.3.3. I provini devono essere maturati in stufa in condizione non sigillata a 40°C per 72 ore, successivamente condizionati per almeno 4 ore

in camera climatica a 25 °C e infine sottoposti a prova per la determinazione del modulo di rigidità in configurazione di trazione indiretta (IT-CY) secondo la norma UNI EN 12697-26 (Appendice C). La deformazione orizzontale imposta deve essere pari a  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ . Dopo la prova di modulo di rigidità i provini devono risultare non danneggiati e devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23).

Ai fini dell'accettazione, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Resistenza media a trazione indiretta a 25 °C,  $R_{t,m} \geq 0,40 \text{ MPa}$ ;
- Modulo di rigidità medio a 25 °C,  $3000 \text{ MPa} \leq E_m \leq 6000 \text{ MPa}$ .

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

#### 3.4.5.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO

Il controllo della compattazione dello strato deve essere eseguito in ciascun lotto effettuando, subito dopo la posa in opera, almeno 4 prove di massa volumica del secco in sito con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22) in cui la misura del contenuto d'acqua del materiale è effettuata utilizzando il metodo tradizionale (UNI EN 1097-05) o il metodo con forno a microonde (ASTM D4643), secondo le indicazioni della DL.

Si precisa che la miscela prelevata non deve essere riscaldata oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalla norma per il raggiungimento della massa costante.

Ai fini dell'accettazione del lotto, la media dei valori della massa volumica del secco in sito deve essere uguale o superiore al 95% del valore determinato sulla miscela di progetto (paragrafo §3.4.3.4).

In alternativa alle prove di densità in sito, la DL, con il supporto della struttura PLB, può basare l'accettazione del lotto sull'esito di prove dinamiche di portanza effettuate mediante LFWD. In tal caso, saranno effettuate, entro 24 ore dalla posa in opera, almeno 20 prove per singolo lotto eseguite su due allineamenti posti a 50 cm dal bordo della strisciata. La media dei valori  $E_{LFWD}$  deve essere superiore a 100 MPa.

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Il controllo della regolarità superficiale può essere eseguito nei punti indicati dalla DL con un regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali o mediante altra metodologia approvata dalla DL. Sono ammessi scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm.

Il controllo delle quote di progetto e dello spessore dello strato può essere eseguito con procedimento topografico, prevedendo il rilievo di una griglia di punti di misura aventi, in direzione longitudinale, un distanziamento massimo di 20 m. La griglia deve, inoltre, permettere la verifica delle pendenze di progetto. Eventuali carenze di quota localizzate, fino a 10 mm, possono essere compensate dallo spessore dello strato superiore senza oneri ulteriori, nel caso di quote superiori a quelle di progetto lo strato, ad insindacabile giudizio della DL, può essere rimosso e risgomato a cura e spese dell'Impresa.

Lo spessore medio dello strato deve essere uguale a quello prescritto in fase di calcolo della pavimentazione, accettando una tolleranza del 5%.

#### 3.4.6. CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA

In aggiunta ai controlli in corso d'opera illustrati al paragrafo §3.4.5, è prevista l'esecuzione di controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita che possono dare luogo a penali aggiuntive secondo quanto prescritto all'Articolo 10.

### 3.5. STRATO DI FONDAZIONE O SOTTOBASE RICICLATO A FREDDO IN IMPIANTO CON BITUME E CEMENTO

#### 3.5.1. DESCRIZIONE

Strato di fondazione o sottobase riciclato a freddo in impianto fisso o mobile, installato anche nell'area di impiego, con bitume e cemento. La miscela granulare è principalmente composta da aggregato RA processato e selezionato in impianto. La posa in opera avviene per mezzo di vibrofinitrice e costipazione con rulli in conformità con le presenti specifiche, con lo spessore e la sagoma indicate nel progetto. È possibile la correzione granulometrica con aggregati vergini di integrazione.

#### 3.5.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### 3.5.2.1. AGGREGATI

Per il riciclaggio a freddo in impianto con emulsione bituminosa o bitume schiumato e cemento per strati di fondazione o sottobase, l'aggregato è principalmente costituito da aggregato RA, anche proveniente dall'interno del cantiere, processato con operazioni di frantumazione, vagliatura, selezione e stoccaggio. In via preferenziale l'aggregato RA impiegato deve provenire da pavimentazioni della rete ASPI.

Si precisa che il bitume presente nell'aggregato RA è da considerare inattivo e pertanto non costituisce un legante. Unitamente alla componente minerale esso è invece da considerare parte dei granuli dell'aggregato RA.

È possibile integrare la miscela granulare composta da aggregato RA utilizzando aggregati naturali (aggregato grosso, fine e filler).

Ciascuna fornitura, deve essere accompagnata dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di prestazione che attesti il possesso dei requisiti indicati nell'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 e al DM 11/04/2007 (Sistema di attestazione della conformità: 2+). Si precisa che, quando viene sottoposto alle prove di qualifica previste all'interno di tale norma, l'aggregato RA non deve essere riscaldato oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalle norme per il raggiungimento della massa costante.

Le frazioni granulometriche impiegate, indipendentemente dalla natura, devono soddisfare i requisiti riportati in Tabella 3.12.

Tabella 3.12

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 50
Sensibilità al gelo <sup>(a)</sup>	UNI EN 1367-1	%	≤ 2
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	%	≥ 35
Indice plastico (IP)	UNI EN ISO 17892-12	%	N.P.
CBR <sup>(b)</sup>	UNI EN13286-47	%	≥ 50

(a) La determinazione della proprietà può essere omessa qualora l'impiego dell'aggregato sia previsto in zone non soggette al gelo, o quando l'assorbimento d'acqua (WA24) dell'aggregato risulti inferiore allo 1% (UNI EN 1097-6), o quando la resistenza alla frammentazione (LA) risulti non superiore al 25%.

(b) Maturazione in ammollo completo per 96 ore. Il valore di rigonfiamento deve essere nullo.

### 3.5.2.2. LEGANTE CEMENTIZIO

Il legante cementizio deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. È consentito l'impiego di tutti i cementi comuni previsti dalla norma, preferibilmente delle classi di resistenza 32.5 e 42.5.

### 3.5.2.3. ACQUA

L'acqua deve essere esente da qualsiasi sostanza che possa inficiare le prestazioni del legante e della miscela. L'acqua deve essere conforme alla norma UNI EN 1008.

### 3.5.2.4. LEGANTE BITUMINOSO

Il bitume (nel caso si utilizzi il processo di schiumatura) o l'emulsione bituminosa devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della rispettiva norma europea armonizzata (UNI EN 12591 per il bitume e UNI EN 13808 per l'emulsione bituminosa). Le caratteristiche del legante bituminoso sottoforma di schiuma di bitume o di emulsione bituminosa sono riportate rispettivamente nel paragrafo §2.2.2 (Tabella 2.2 e Tabella 2.3, legante "A1") e nel paragrafo §2.5 (Tabella 2.6, legante "C2").

### 3.5.3. PROGETTO DELLA MISCELA

I valori di progetto della granulometria, del contenuto d'acqua, del dosaggio di legante bituminoso (sotto forma di bitume schiumato o emulsione bituminosa) e del dosaggio di legante cementizio (e delle eventuali aggiunte), sono stabiliti in base ad uno studio di laboratorio. Tale studio deve essere eseguito da un laboratorio certificato ai sensi della norma UNI EN ISO 9001 :2015 (settore di accreditamento 34; prove di laboratorio su conglomerati bituminosi, bitumi modificati da polimeri e calcestruzzi)

#### 3.5.3.1. DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA

La miscela granulare da impiegare per il riciclaggio a freddo in impianto con emulsione bituminosa o bitume schiumato e cemento può essere ottenuta adottando aggregato RA in frazione unica o mediante combinazione di più classi dimensionali. Per migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche della miscela oppure nel caso in cui l'aggregato RA a disposizione non permetta la produzione di una granulometria conforme al fuso riportato in Tabella 3.13, è necessario prevedere un'integrazione con aggregati naturali.

Tabella 3.13

Setacci [mm]	Passante in volume [%]
40	100-100
31,5	85-100
20	70-95
10	50-80
4	30-55
2	20-40
0,5	10-20
0,25	7-15
0.063	5-10

La granulometria di progetto “in volume” della miscela di aggregati deve ricadere nel fuso riportato in Tabella 3.13.

Si precisa che la distribuzione granulometrica in volume può essere ottenuta da quella in peso, tenendo conto della massa volumica delle frazioni granulometriche impiegate. Inoltre, poiché il bitume presente nell’aggregato RA è parte integrante dei granuli, si deve fare riferimento alla distribuzione granulometrica dell’aggregato RA ante estrazione (“curva nera”). Per consentire il controllo in fase di esecuzione del rispetto dei passanti in volume, il progetto della miscela dovrà evidenziare, per ogni setaccio, sia la percentuale in volume che quella in peso.

### 3.5.3.2. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA

Sulla miscela di aggregati di progetto deve essere determinato il valore di progetto del contenuto di acqua riferito al peso degli aggregati asciutti e il corrispondente valore della massa volumica del secco. La procedura da seguire è illustrata nel seguito:

- la miscela granulare deve essere essiccata fino a massa costante e se ne deve determinare il contenuto d’acqua (UNI EN 1097-5). Vista la presenza di aggregato RA, la temperatura di essiccazione non dev’essere superiore a 50 °C;
- Dopo l’essiccazione, la miscela granulare deve essere suddivisa in almeno tre campioni mediante quartatura (UNI EN 932-2), e ciascun campione deve essere umidificato aggiungendo un diverso dosaggio d’acqua (ad esempio 3, 4 e 5% sul peso degli aggregati asciutti) e deve quindi essere mantenuto sigillato per almeno 12 ore al fine di permettere un’omogenea distribuzione dell’umidità;
- Subito prima della miscelazione a ciascun campione umidificato deve essere aggiunto il dosaggio atteso di legante cementizio (ad esempio 2% sul peso degli aggregati);
- Per ogni campione devono essere compattati almeno 3 provini utilizzando un compattatore girevole (UNI EN 12697-31). Il protocollo per la compattazione prevede l’utilizzo di una fustella non drenata di diametro 150 mm, una pressione di  $600 \pm 18$  kPa, un angolo interno di rotazione di  $1,16 \pm 0,02^\circ$ , una velocità di rotazione di 30 rpm, e numero di rotazioni pari a 100;
- La massa del campione da compattare dev’essere di  $2800 \pm 10$  g e deve essere registrata prima dell’inizio della compattazione. Dopo la compattazione ciascun provino deve essere estratto dalla fustella e pesato per determinarne l’eventuale perdita rispetto al materiale inserito in fustella, normalmente riconducibile ad acqua espulsa durante la compattazione;
- Se la perdita media dei tre provini supera lo 0,3% del peso iniziale, il contenuto d’acqua è da ritenere eccessivo e deve quindi essere scartato;
- Il dosaggio d’acqua di progetto è il valore massimo tra quelli testati e per cui la perdita in peso media dei tre provini è inferiore allo 0,3%;
- Per tale valore deve essere determinata la massa volumica secca, utilizzando, per ciascun provino: il volume geometrico (determinato dell’altezza finale a 100 giri e del diametro della fustella), la massa umida e il contenuto d’acqua iniziali del provino.

### 3.5.3.3. DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DEI LEGANTI

Per determinare il dosaggio di progetto dei leganti devono essere prodotte in laboratorio almeno 4 miscele con diversi quantitativi di legante bituminoso e di legante cementizio.

I dosaggi da investigare, riferiti al peso secco degli aggregati, dovranno essere:

- bitume (bitume residuo nel caso di emulsione bituminosa) compreso tra l’1,5% e il 3,0%;

- cemento compreso tra 1,5% e 2,5%;
- inoltre, il dosaggio di bitume dovrà essere maggiore o uguale al dosaggio di cemento.

Tutte le miscele dovranno avere il contenuto di acqua di progetto determinato nello studio di laboratorio al paragrafo §3.5.3.2. Nel caso si utilizzi emulsione bituminosa, tale contenuto d'acqua deve risultare dalla somma dell'acqua contenuta nell'emulsione e di acqua aggiunta per umidificare gli aggregati.

Per la miscelazione e la compattazione deve essere seguita la procedura descritta al paragrafo §3.5.3.2, con le seguenti modifiche:

- per l'umidificazione iniziale del campione si deve utilizzare il dosaggio di acqua di progetto (nel caso si utilizzi bitume schiumato), a cui va sottratta l'acqua eventualmente apportata dall'emulsione bituminosa;
- dopo l'aggiunta del cemento si effettua una prima miscelazione, si aggiunge quindi il legante bituminoso (emulsione o bitume schiumato) e quindi si effettua la miscelazione finale, prima di procedere alla compattazione.

Per la produzione in laboratorio del bitume schiumato deve essere utilizzata una macchina schiumatrice opportunamente calibrata. In particolare, il laboratorio incaricato del progetto deve verificare la quantità di bitume effettivamente aggiunta alla miscela confrontando il contenuto di bitume prima e dopo l'aggiunta della schiuma di bitume.

Per ogni miscela riciclata devono essere confezionati 4 provini con compattatore giratorio secondo la procedura esposta al paragrafo §3.5.3.2. Per ciascun provino deve essere determinata la massa volumica secca, utilizzando: il volume geometrico (determinato dell'altezza finale a 100 giri e del diametro della fustella), la massa umida e il contenuto d'acqua iniziali del provino.

I provini devono essere maturati in stufa in condizione non sigillata a 40 °C per 72 ore, successivamente condizionati per almeno 4 ore in camera climatica a 25 °C e infine sottoposti a prova per la determinazione del modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (IT-CY) secondo la norma UNI EN 12697-26 (Appendice C). La deformazione orizzontale imposta deve essere pari a  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ . A seguito della prova di modulo di rigidezza i provini devono risultare intatti. Gli stessi provini devono essere ulteriormente condizionati per almeno 1 ora a 25 °C e sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23).

Ai fini della scelta della combinazione di progetto dei leganti, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Resistenza media a trazione indiretta a 25 °C,  $R_{t,m} \geq 0,40 \text{ MPa}$ ;
- Modulo di rigidezza medio a 25 °C,  $3000 \text{ MPa} \leq E_m \leq 6000 \text{ MPa}$ .

La miscela di progetto è scelta tra quelle che soddisfano tali requisiti, privilegiando miscele con resistenza elevata e rigidezza contenuta.

Per calibrare il processo di posa in opera della miscela di progetto prodotta in impianto, la DL può richiedere la realizzazione di una stesa di prova in vera grandezza, a totale carico dell'Impresa. La stesa sarà realizzata in un tratto individuato dalla DL con il supporto della struttura PLB, rappresentativo per la lavorazione da svolgere. La stesa deve avere lunghezza tale da consentire la stabilità di produzione in impianto e di realizzazione, nonché larghezza e profondità conformi al progetto. La compattazione deve essere eseguita immediatamente dopo la stesa prevedendo l'impiego di un rullo monocilindro vibrante da almeno 140 kN e un rullo gommato da almeno 180 kN.

La miscela prodotta in impianto deve essere campionata per permettere la verifica del contenuto di acqua, del contenuto di legante bituminoso, della massa volumica secca, del modulo di rigidezza e della resistenza a trazione indiretta secondo le stesse procedure sopraesposte.

Dopo la compattazione della stesa di prova devono essere eseguite 3 prove di massa volumica del secco con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22). Ai fini della conferma della procedura di compattazione, tutti i valori di massa volumica del secco in sito devono essere maggiori del 95% della massa volumica del secco dei provini della miscela di progetto compattati in laboratorio.

Se la stesa di prova è eseguita all'interno del cantiere, nel caso in cui le prestazioni richieste non siano verificate, essa deve essere rimossa e la procedura rieseguita.

Al termine della stesa di prova, l'Impresa deve predisporre una relazione che riporti:

- le caratteristiche degli aggregati di integrazione in riferimento al paragrafo §3.5.2.1;
- la composizione, la granulometria e il contenuto di bitume della miscela granulare di progetto in riferimento al paragrafo §3.5.3.1 e alla Tabella 3.13;
- le caratteristiche del legante cementizio in riferimento al paragrafo §3.5.2.2;
- le caratteristiche del legante bituminoso in riferimento al paragrafo §2.2.2 (Tabella 2.2 e Tabella 2.3, legante "A1") e al paragrafo §2.5 (Tabella 2.6, legante "C2");
- il dosaggio di legante cementizio, legante bituminoso e acqua della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.5.3.3;
- la massa volumica del secco in laboratorio, la resistenza a trazione indiretta e il modulo di rigidità della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.5.3.3;
- la descrizione delle procedure operative in impianto e di stesa per la miscela di progetto (funzionamento, velocità, calibrazioni, tempistiche, tipo di mezzi, numero di passate ecc.) compresa la documentazione fotografica;
- le Dichiarazioni di Prestazione (DoP) dei materiali e tutti i certificati attestanti le procedure seguite e i risultati ottenuti.

Tale documentazione deve essere presentata alla DL prima dell'inizio delle lavorazioni. A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve attenersi rigorosamente ai materiali e alla procedura dichiarata.

Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, da effettuarsi presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025.

#### 3.5.4. CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

La miscela riciclata a freddo in impianto con bitume (bitume schiumato oppure emulsione bituminosa) e cemento deve essere confezionata in impianti fissi o mobili, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

L'impianto deve permettere inserimento di bitume e il processo di schiumatura o l'iniezione di emulsione bituminosa nel corretto dosaggio e il controllo delle temperature di impiego. Simultaneamente all'inserimento del legante bituminoso, l'impianto deve poter dosare con precisione il legante cementizio. L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto indicate nella documentazione presentata per l'approvazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati, incluso l'aggregato RA, deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono contaminare gli aggregati. I cumuli delle diverse pezzature di aggregato devono essere separati tra di loro per evitare la mescolanza tra aggregati differenti e si raccomanda che il cumulo dell'aggregato RA sia riparato dall'acqua piovana mediante specifiche coperture. L'operazione di rifornimento attraverso i pre-dosatori delle tramogge deve essere eseguita con la massima cura per regolare il deflusso



degli aggregati secondo le specifiche di progetto. Per ciascuna delle classi di aggregati impiegate dovrà essere utilizzato un pre-dosatore dedicato.

Lo stoccaggio del cemento deve essere effettuato garantendo la protezione dall'umidità atmosferica e da impurità.

### 3.5.5. POSA IN OPERA

La miscela riciclata a freddo in impianto con emulsione bituminosa o bitume schiumato e cemento deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accettata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e capacità portante prescritti. Prima di effettuare la stesa è necessario correggere ogni eventuale depressione o avvallamento riscontrati sul piano di posa.

La miscela deve essere stesa in strati di spessore non superiore a 25 cm mediante l'impiego di vibrofinitrici. Il tempo massimo intercorrente tra la miscelazione e l'inizio delle operazioni di compattazione non deve superare i 60 minuti o, comunque, essere compatibile con il tempo di inizio presa del legante idraulico utilizzato per non pregiudicare la lavorabilità della miscela.

È necessario proteggere la miscela durante il trasporto dall'impianto di produzione al luogo di impiego per evitare un'eccessiva perdita di umidità.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare. Ogni giunto trasversale deve essere rettificato con il taglio (fresatura) dell'ultima parte dello strato precedentemente realizzato, in modo da ottenere una parete verticale.

La compattazione è eseguita immediatamente dopo la stesa con un rullo monocilindro vibrante da almeno 140 kN e un rullo gommato da almeno 180 kN. L'estradosso dello strato deve essere sagomato nel rispetto delle quote e delle pendenze di progetto.

Dopo 24 ore dalla realizzazione lo strato deve essere protetto con la spruzzatura di emulsione bituminosa cationica (paragrafo §2.5, Tabella 2.6, legante "C1") in ragione di 1 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo, successivamente saturata con lo spargimento di sabbia. Nel caso di traffico da cantiere o di condizioni meteo avverse, tale operazione deve essere svolta subito dopo la compattazione.

A insindacabile giudizio della DL, la lavorazione può essere sospesa con temperatura dell'aria inferiore a 10 °C, superiore a 35 °C oppure in caso di pioggia.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, dalla circolazione dei mezzi di cantiere o da altre cause devono essere rimossi e ricostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

### 3.5.6. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione dello strato riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) la miscela sciolta prelevata in sito durante le operazioni di stesa, prima e dopo l'aggiunta dei leganti;
- 3) lo strato finito.

Le prove di cui ai precedenti punti 2) e 3) sono eseguite suddividendo la produzione in lotti omogenei. Ciascun lotto è normalmente formato dalla produzione di 1 giorno, fino ad un massimo di 1000 m<sup>2</sup>. In condizioni di lavorazione che la DL ritiene omogenee si possono accorpare fino a due lotti.

La DL può ordinare la formazione di lotti di minori dimensioni qualora riscontrasse anomalie o disuniformità durante la produzione. L'accettazione dello strato finito avviene per lotto. Le prove devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025 compreso il Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano.

#### 3.5.6.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI

L'accettazione dei leganti, bituminoso e cementizio, avviene sulla base delle DoP che accompagnano ogni fornitura. Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, sul legante prelevato presso l'impianto di produzione della miscela. In caso di non conformità rispetto ai requisiti riportati in Tabella 2.2 e Tabella 2.3 (paragrafo §2.2.2) o in Tabella 2.6 (paragrafo §2.5), a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo di tutti i lotti. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

L'accettazione degli aggregati, incluso l'aggregato RA, deve essere verificata su campioni prelevati presso l'impianto di produzione ed è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati nel paragrafo §3.5.2.1. Tale controllo deve essere effettuato all'inizio dei lavori e, successivamente, con cadenza almeno mensile o comunque ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza o le caratteristiche degli aggregati riportate nella dichiarazione di prestazione. In caso di non conformità le lavorazioni devono essere sospese per consentirne la risoluzione.

La DL con il supporto della struttura PLB può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

La DL può richiedere il controllo della granulometria, prelevando la miscela granulare sul nastro trasportare prima dell'impasto con i leganti. La granulometria della miscela deve essere conforme alla curva granulometrica di progetto, ammettendo tolleranze di  $\pm 5\%$  per il passante della frazione grossa e di  $\pm 2\%$  per il passante della frazione fine.

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova.

#### 3.5.6.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA

Il controllo del dosaggio di bitume aggiunto e delle caratteristiche meccaniche della miscela prodotta in ciascun lotto deve essere effettuato prelevando il materiale dietro la vibrofinitrice, immediatamente prima della compattazione.

Deve essere determinato il contenuto di bitume della miscela prelevata (media di due prove effettuate secondo UNI EN 12697-1 o secondo la UNI EN 12697-39 opportunamente calibrata). Tale valore deve corrispondere alla somma del contenuto di bitume della miscela granulare prelevata prima dell'aggiunta dei leganti e del dosaggio di bitume aggiunto (schiumato o residuo dell'emulsione), con una tolleranza dello 0,6 % (rispetto al peso degli aggregati).

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Per ogni lotto devono essere confezionati 4 provini con compattatore giratorio secondo la procedura esposta al paragrafo §3.5.3.2. I provini devono essere maturati in stufa in condizione non sigillata a 40 °C per 72 ore, successivamente condizionati per almeno 4 ore in camera climatica a 25 °C e infine sottoposti a prova per la determinazione del modulo di rigidità in configurazione di trazione indiretta (IT-CY) secondo la norma UNI EN 12697-26

(Appendice C). La deformazione orizzontale imposta deve essere pari a  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ . Dopo la prova di modulo di rigidezza i provini devono risultare non danneggiati, devono essere ulteriormente condizionati per almeno 1 ore a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  e sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23).

Ai fini dell'accettazione, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Resistenza media a trazione indiretta a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $R_{t,m} \geq 0,40 \text{ MPa}$ ;
- Modulo di rigidezza medio a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $3000 \text{ MPa} \leq E_m \leq 6000 \text{ MPa}$ .

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

### 3.5.6.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO

Il controllo della compattazione dello strato deve essere eseguito in ciascun lotto effettuando, subito dopo la posa in opera, almeno 4 prove di massa volumica del secco in sito con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22) in cui la misura del contenuto d'acqua del materiale è effettuata utilizzando il metodo tradizionale (UNI EN 1097-05) o il metodo con forno a microonde (ASTM D4643), secondo le indicazioni della DL.

Si precisa che la miscela prelevata non deve essere riscaldata oltre  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalla norma per il raggiungimento della massa costante.

Ai fini dell'accettazione del lotto, la media dei valori della massa volumica del secco in sito deve essere uguale o superiore al 95% al valore determinato sulla miscela di progetto (paragrafo §3.5.3.2).

In alternativa alle prove di densità in sito, la DL, con il supporto della struttura PLB, può basare l'accettazione del lotto sull'esito di prove dinamiche di portanza effettuate mediante LFWD. In tal caso, saranno effettuate, entro 24 ore dalla posa in opera, almeno 20 prove per singolo lotto eseguite su due allineamenti posti a 50 cm dal bordo della strisciata. La media dei valori  $E_{LFWD}$  deve essere superiore a 100 MPa.

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Il controllo della regolarità superficiale può essere eseguito nei punti indicati dalla DL con un regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali o mediante altra metodologia approvata dalla DL. Sono ammessi scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm.

Il controllo delle quote di progetto e dello spessore dello strato può essere eseguito con procedimento topografico, prevedendo il rilievo di una griglia di punti di misura aventi, in direzione longitudinale, un distanziamento massimo di 20 m. La griglia deve, inoltre, permettere la verifica delle pendenze di progetto.

Eventuali carenze di quota localizzate, fino a 10 mm, possono essere compensate dallo spessore dello strato superiore senza oneri ulteriori, nel caso di quote superiori a quelle di progetto lo strato, ad insindacabile giudizio della DL, può essere rimosso e risagomato a cura e spese dell'Impresa.

Lo spessore medio dello strato deve essere uguale a quello prescritto in fase di calcolo della pavimentazione, accettando una tolleranza del 5%.

### 3.5.7. CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA

In aggiunta ai controlli in corso d'opera illustrati al paragrafo §3.5.6, è prevista l'esecuzione di controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita che possono dare luogo a penali aggiuntive secondo quanto prescritto all'Articolo 10.

### 3.6. STRATO DI SOTTOBASE O BASE RICICLATO A FREDDO IN IMPIANTO CON EMULSIONE BITUMINOSA MODIFICATA E CEMENTO

#### 3.6.1. DESCRIZIONE

Strato di sottobase o base riciclato a freddo in impianto fisso o mobile, installato anche nell'area di impiego, con emulsione bituminosa modificata e cemento. La miscela granulare è principalmente composta da aggregato RA processato e selezionato in impianto. La posa in opera avviene per mezzo di vibrofinitrice e costipazione con rulli in conformità con le presenti specifiche, con lo spessore e la sagoma indicate nel progetto. È possibile la correzione granulometrica con aggregati vergini di integrazione.

#### 3.6.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### 3.6.2.1. AGGREGATI

Per il riciclaggio a freddo in impianto con emulsione bituminosa modificata e cemento per strati di sottobase o base, l'aggregato è principalmente costituito da aggregato RA, anche proveniente dall'interno del cantiere, processato con operazioni di frantumazione, vagliatura, selezione e stoccaggio.

Si precisa che il bitume presente nell'aggregato RA è da considerare inattivo e pertanto non costituisce un legante. Unitamente alla componente minerale esso è invece da considerare parte dei granuli di aggregato RA.

È possibile integrare la miscela granulare composta da aggregato RA utilizzando aggregati naturali (aggregato grosso, fine e filler).

Ciascuna fornitura, deve essere accompagnata dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di prestazione che attesti il possesso dei requisiti indicati nell'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 e al DM 11/04/2007 (Sistema di attestazione della conformità: 2+).

Si precisa che, quando viene sottoposto alle prove di qualifica previste all'interno di tale norma, l'aggregato RA non deve essere riscaldato oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalle norme per il raggiungimento della massa costante.

Le frazioni granulometriche impiegate, indipendentemente dalla natura, devono soddisfare i requisiti riportati in Tabella 3.14.

Tabella 3.14

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 50
Sensibilità al gelo <sup>(a)</sup>	UNI EN 1367-1	%	≤ 2
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	%	≥ 35
Indice plastico (IP)	UNI EN ISO 17892-12	%	N.P.
CBR <sup>(b)</sup>	UNI EN13286-47	%	≥ 50

(a) La determinazione della proprietà può essere omessa qualora l'impiego dell'aggregato sia previsto in zone non soggette al gelo, o quando l'assorbimento d'acqua (WA24) dell'aggregato risulti inferiore allo 1% (UNI EN 1097-6), o quando la resistenza alla frammentazione (LA) risulti non superiore al 25%.

(b) Maturazione in ammollo completo per 96 ore. Il valore di rigonfiamento deve essere nullo.

### 3.6.2.2. LEGANTE CEMENTIZIO

Il legante cementizio deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. È consentito l'impiego di tutti i cementi comuni previsti dalla norma, preferibilmente delle classi di resistenza 32.5 e 42.5.

### 3.6.2.3. ACQUA

L'acqua deve essere esente da qualsiasi sostanza che possa inficiare le prestazioni del legante e della miscela. L'acqua deve essere conforme alla norma UNI EN 1008.

### 3.6.2.4. LEGANTE BITUMINOSO

L'emulsione bituminosa modificata deve essere qualificata in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della rispettiva norma europea armonizzata (UNI EN 13808). Le caratteristiche dell'emulsione bituminosa modificata sono riportate nel paragrafo §2.6 (Tabella 2.7, legante "D2").

## 3.6.3. PROGETTO DELLA MISCELA

I valori di progetto della granulometria, del contenuto d'acqua, del dosaggio di emulsione bituminosa modificata e del dosaggio di legante cementizio (e delle eventuali aggiunte), sono stabiliti in base ad uno studio di laboratorio. Tale studio deve essere eseguito da un laboratorio certificato ai sensi della norma UNI EN ISO 9001:2015 (settore di accreditamento 34; prove di laboratorio su conglomerati bituminosi, bitumi modificati da polimeri e calcestruzzi).

### 3.6.3.1. DETERMINAZIONE DELLA GRANULOMETRIA

La miscela granulare da impiegare per il riciclaggio a freddo in impianto con emulsione bituminosa modificata e cemento può essere ottenuta adottando aggregato RA in frazione unica o mediante combinazione di più classi dimensionali. Per migliorare le caratteristiche fisico-meccaniche della miscela, oppure nel caso in cui l'aggregato RA a disposizione non permetta la produzione di una granulometria conforme al fuso riportato in Tabella 3.15, è necessario prevedere un'integrazione con aggregati naturali.

Tabella 3.15

Setacci [mm]	Passante in volume [%]
31,5	100-100
20	71-91
10	38-64
8	34-59
4	24-49
2	17-37
0,5	7-21
0,25	5-16
0.063	5-8

La granulometria di progetto "in volume" della miscela di aggregati deve ricadere nel fuso riportato in Tabella 3.15.

Si precisa che la distribuzione granulometrica in volume può essere ottenuta da quella in peso, tenendo conto della massa volumica delle frazioni granulometriche impiegate. Inoltre, poiché il bitume presente nell'aggregato RA è parte integrante dei granuli, si deve fare riferimento alla distribuzione granulometrica dell'aggregato RA ante estrazione ("curva nera").

Per consentire il controllo in fase di esecuzione del rispetto dei passanti in volume, lo studio di formulazione dovrà evidenziare, per ogni setaccio, sia la percentuale in volume che quella in peso

### 3.6.3.2. DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI ACQUA

Sulla miscela di aggregati di progetto deve essere determinato il valore di progetto del contenuto di acqua riferito al peso degli aggregati asciutti e il corrispondente valore della massa volumica del secco. La procedura da seguire è illustrata nel seguito:

- la miscela granulare deve essere essiccata fino a massa costante e se ne deve determinare il contenuto d'acqua (UNI EN 1097-5). Vista la presenza di aggregato RA, la temperatura di essiccazione non dev'essere superiore a 50 °C.
- Dopo l'essiccazione, la miscela granulare deve essere suddivisa in almeno tre campioni mediante quartatura (UNI EN 932-2), e ciascun campione deve essere umidificato aggiungendo un diverso dosaggio d'acqua (ad esempio 3, 4 e 5% sul peso degli aggregati asciutti) e deve quindi essere mantenuto sigillato per almeno 12 ore al fine di permettere un'omogenea distribuzione dell'umidità.
- Subito prima della miscelazione a ciascun campione umidificato deve essere aggiunto il dosaggio atteso di legante cementizio (ad esempio 2% sul peso degli aggregati).
- Per ogni campione devono essere compattati almeno 3 provini utilizzando un compattatore giratorio (UNI EN 12697-31). Il protocollo per la compattazione prevede l'utilizzo di una fustella non drenata di diametro 150 mm, una pressione di  $600 \pm 18$  kPa, un angolo interno di rotazione di  $1,16 \pm 0,02^\circ$ , una velocità di rotazione di 30 rpm, e numero di rotazioni pari a 100.
- La massa del campione da compattare dev'essere di  $2800 \pm 10$  g e deve essere registrata prima dell'inizio della compattazione. Dopo la compattazione ciascun provino deve essere estratto dalla fustella e pesato per determinarne l'eventuale perdita rispetto al materiale inserito in fustella, normalmente riconducibile ad acqua espulsa durante la compattazione.
- Se la perdita media dei tre provini supera lo 0,3% del peso iniziale, il contenuto d'acqua è da ritenere eccessivo e deve quindi essere scartato
- Il dosaggio d'acqua di progetto è il valore massimo tra quelli testati e per cui la perdita in peso media dei tre provini è inferiore allo 0,3%.
- Per tale valore deve essere determinata la massa volumica secca, utilizzando, per ciascun provino: il volume geometrico (determinato dell'altezza finale a 100 giri e del diametro della fustella), la massa umida e il contenuto d'acqua iniziali del provino.

### 3.6.3.3. DETERMINAZIONE DEL DOSAGGIO DEI LEGANTI

Per determinare il dosaggio di progetto dei leganti devono essere prodotte in laboratorio almeno 4 miscele con diversi quantitativi di emulsione bituminosa modificata e di legante cementizio. I dosaggi da investigare, riferiti al peso secco degli aggregati, dovranno essere:

- emulsione bituminosa modificata (paragrafo §2.6, Tabella 2.7, legante "D2") compresa tra 4,0% e il 5,0%;
- cemento compreso tra 1,5% e 2,5%;

- inoltre, il dosaggio di bitume residuo dovrà essere maggiore o uguale al dosaggio di cemento.

Tutte le miscele dovranno avere il contenuto di acqua di progetto determinato nello studio di laboratorio al paragrafo §3.6.3.2. Tale contenuto d'acqua deve risultare dalla somma dell'acqua contenuta nell'emulsione e di acqua aggiunta per umidificare gli aggregati.

Per la miscelazione e la compattazione deve essere seguita la procedura descritta al paragrafo §3.6.3.2, con le seguenti modifiche:

- per l'umidificazione iniziale del campione si deve utilizzare un dosaggio d'acqua ottenuto come differenza tra il contenuto di progetto e il dosaggio d'acqua apportato dall'emulsione;
- dopo l'aggiunta del cemento si effettua una prima miscelazione, si aggiunge quindi l'emulsione bituminosa modificata e quindi si effettua la miscelazione finale, prima di procedere alla compattazione.

Per ogni miscela riciclata devono essere confezionati 4 provini con compattatore giratorio secondo la procedura esposta al paragrafo §3.6.3.2. Per ciascun provino deve essere determinata la massa volumica secca, utilizzando: il volume geometrico (determinato dell'altezza finale a 100 giri e del diametro della fustella), la massa umida e il contenuto d'acqua iniziali del provino.

I provini devono essere maturati in stufa in condizione non sigillata a 40 °C per 72 ore, successivamente condizionati per almeno 4 ore in camera climatica a 25 °C e infine sottoposti a prova per la determinazione del modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (IT-CY) secondo la norma UNI EN 12697-26 (Appendice C). La deformazione orizzontale imposta deve essere pari a  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ . A seguito della prova di modulo di rigidezza i provini devono risultare intatti. Gli stessi provini devono essere ulteriormente condizionati per almeno 1 ora a 25 °C e sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23).

Ai fini della scelta della combinazione di progetto dei leganti, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Resistenza media a trazione indiretta a 25 °C,  $R_{t,m} \geq 0,45 \text{ MPa}$ ;
- Modulo di rigidezza medio a 25 °C,  $3000 \text{ MPa} \leq E_m \leq 6000 \text{ MPa}$ .

La miscela di progetto è scelta tra quelle che soddisfano tali requisiti, privilegiando miscele con resistenza elevata e rigidezza contenuta.

Per calibrare il processo di posa in opera della miscela di progetto prodotta in impianto, la DL può richiedere la realizzazione di una stesa di prova in vera grandezza, a totale carico dell'Impresa. La stesa sarà realizzata in un tratto ritenuto dalla DL con il supporto della struttura PLB rappresentativo per la lavorazione da svolgere. La stesa deve avere lunghezza tale da consentire la stabilità di produzione in impianto e di realizzazione, nonché larghezza e profondità conformi al progetto. La compattazione deve essere eseguita immediatamente dopo la stesa prevedendo l'impiego di un rullo monocilindro vibrante da almeno 140 kN e un rullo gommato da almeno 180 kN.

La miscela prodotta in impianto deve essere campionata per permettere la verifica del contenuto di acqua, del contenuto di legante bituminoso, della massa volumica secca, del modulo di rigidezza e della resistenza a trazione indiretta secondo le stesse procedure sopraesposte.

Dopo la compattazione della stesa di prova devono essere eseguite 3 prove di massa volumica del secco con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22). Ai fini della conferma della procedura di compattazione, tutti i valori di massa volumica del secco in sito devono essere maggiori del 95% della massa volumica del secco dei provini della miscela di progetto compattati in laboratorio.



Se la stesa di prova è eseguita all'interno del cantiere, nel caso in cui le prestazioni richieste non siano verificate, essa deve essere rimossa e la procedura rieseguita.

Al termine della stesa di prova, l'Impresa deve predisporre una relazione che riporti:

- le caratteristiche degli aggregati di integrazione in riferimento al paragrafo §3.6.2.1;
- la composizione, la granulometria e il contenuto di bitume della miscela granulare di progetto in riferimento al paragrafo §3.6.3.1 e alla Tabella 3.15;
- le caratteristiche del legante cementizio in riferimento al paragrafo §3.6.2.2;
- le caratteristiche del legante bituminoso in riferimento al paragrafo §2.6 (Tabella 2.7, legante "D2");
- il dosaggio di legante cementizio, legante bituminoso e acqua della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.6.3.3;
- la massa volumica del secco in laboratorio, la resistenza a trazione indiretta e il modulo di rigidità della miscela di progetto in riferimento al paragrafo §3.6.3.3;
- la descrizione delle procedure operative in impianto e di stesa per la miscela di progetto (funzionamento, velocità, calibrizioni, tempistiche, tipo di mezzi, numero di passate ecc.) compresa la documentazione fotografica;
- le Dichiarazioni di Prestazione (DoP) dei materiali e tutti i certificati attestanti le procedure seguite e i risultati ottenuti.

Tale documentazione deve essere presentata alla DL prima dell'inizio delle lavorazioni. A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve attenersi rigorosamente ai materiali e alla procedura dichiarata.

Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, da effettuarsi presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025.

#### 3.6.4. CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

La miscela riciclata a freddo in impianto con emulsione bituminosa modificata e cemento deve essere confezionata in impianti fissi o mobili, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. L'impianto deve permettere l'iniezione di emulsione bituminosa nel corretto dosaggio e il controllo delle temperature di impiego. Simultaneamente all'inserimento del legante bituminoso, l'impianto deve poter dosare con precisione il legante cementizio. L'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto indicate nella documentazione presentata per l'approvazione.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati, incluso l'aggregato RA, deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono contaminare gli aggregati. I cumuli delle diverse pezzature di aggregato devono essere separati tra di loro per evitare la mescolanza tra aggregati differenti e si raccomanda che il cumulo dell'aggregato RA sia riparato dall'acqua piovana mediante specifiche coperture.

L'operazione di rifornimento attraverso i pre-dosatori delle tramogge deve essere eseguita con la massima cura per regolare il deflusso degli aggregati secondo le specifiche di progetto. Per ciascuna delle classi di aggregati impiegate dovrà essere utilizzato un pre-dosatore dedicato.

Lo stoccaggio del cemento deve essere effettuato garantendo la protezione dall'umidità atmosferica e da impurità.

### 3.6.5. POSA IN OPERA

La miscela riciclata a freddo in impianto con emulsione bituminosa e cemento deve essere stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accettata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e capacità portante prescritti. Prima di effettuare la stesa è necessario correggere ogni eventuale depressione o avvallamento riscontrati sul piano di posa.

La miscela deve essere stesa in strati di spessore non superiore a 25 cm mediante l'impiego di vibrofinitrici. Il tempo massimo intercorrente tra la miscelazione e l'inizio delle operazioni di compattazione non deve superare i 60 minuti o, comunque, essere compatibile con il tempo di inizio presa del legante idraulico utilizzato per non pregiudicare la lavorabilità della miscela.

È necessario proteggere la miscela durante il trasporto dall'impianto di produzione al luogo di impiego per evitare un'eccessiva perdita di umidità.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Ogni giunto trasversale deve essere rettificato con il taglio (fresatura) dell'ultima parte dello strato precedentemente realizzato, in modo da ottenere una parete verticale.

La compattazione è eseguita immediatamente dopo la stesa con un rullo monocilindro vibrante da almeno 140 kN e un rullo gommato da almeno 180 kN. L'estradosso dello strato deve essere sagomato nel rispetto delle quote e delle pendenze di progetto.

Dopo 24 ore dalla realizzazione lo strato deve essere protetto con la spruzzatura di emulsione bituminosa cationica (paragrafo §2.5, Tabella 2.6, legante "C1") in ragione di 1 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo, successivamente saturata con lo spargimento di sabbia. Nel caso di traffico da cantiere o di condizioni meteo avverse, tale operazione deve essere svolta subito dopo la compattazione.

A insindacabile giudizio della DL, la lavorazione può essere sospesa con temperatura dell'aria inferiore a 10 °C, superiore a 35 °C oppure in caso di pioggia.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, dalla circolazione dei mezzi di cantiere o da altre cause devono essere rimossi e ricostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

### 3.6.6. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione dello strato riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) la miscela sciolta prelevata in sito durante le operazioni di stesa, prima e dopo l'aggiunta dei leganti;
- 3) lo strato finito.

Le prove di cui ai precedenti punti 2) e 3) sono eseguite suddividendo la produzione in lotti omogenei. Ciascun lotto è normalmente formato dalla produzione di 1 giorno, fino ad un massimo di 1000 m<sup>2</sup>. In condizioni di lavorazione che la DL ritiene omogenee si possono accorpare fino a due lotti. La DL può ordinare la formazione di lotti di minori dimensioni qualora riscontrasse anomalie o disuniformità durante la produzione. L'accettazione dello strato finito avviene per lotto.

Le prove devono essere effettuate presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380 o un laboratorio accreditato ai sensi della norma UNI ISO 17025 compreso il Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano. La DL può ordinare

la presenza in cantiere di un laboratorio mobile in grado di effettuare sul posto tutte le prove di laboratorio e in sito indicate di seguito.

### 3.6.6.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI

L'accettazione dei leganti, bituminoso e cementizio, avviene sulla base delle DoP che accompagnano ogni fornitura. Resta salva la facoltà della DL con il supporto della struttura PLB di richiedere prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione, sul legante prelevato presso l'impianto di produzione della miscela. In caso di non conformità rispetto ai requisiti riportati in Tabella 2.7 (paragrafo §2.6), a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo di tutti i lotti. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

L'accettazione degli aggregati, incluso l'aggregato RA, deve essere verificata su campioni prelevati presso l'impianto di produzione ed è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati nel paragrafo §3.6.2.1. Tale controllo deve essere effettuato all'inizio dei lavori e, successivamente, con cadenza almeno mensile o comunque ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza o le caratteristiche degli aggregati riportate nella dichiarazione di prestazione. In caso di non conformità le lavorazioni devono essere sospese per consentirne la risoluzione. La DL con il supporto della struttura PLB può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

La DL può ordinare il controllo della granulometria, prelevando la miscela granulare sul nastro trasportare prima dell'impasto con il legante cementizio. La granulometria della miscela deve essere conforme alla curva granulometrica di progetto, ammettendo tolleranze di  $\pm 5\%$  per il passante della frazione grossa e di  $\pm 2\%$  per il passante della frazione fine.

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

### 3.6.6.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA

Il controllo del dosaggio di bitume aggiunto e delle caratteristiche meccaniche della miscela prodotta in ciascun lotto deve essere effettuato prelevando il materiale dietro la vibrofinitrice, immediatamente prima della compattazione.

Deve essere determinato il contenuto di bitume della miscela prelevata (media di due prove effettuate secondo UNI EN 12697-1 o secondo la UNI EN 12697-39 opportunamente calibrata). Tale valore deve corrispondere alla somma del contenuto di bitume della miscela granulare prelevata prima dell'aggiunta dei leganti e del dosaggio di bitume aggiunto (schiumato o residuo dell'emulsione), con una tolleranza dello 0,6 % (rispetto al peso degli aggregati).

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso. Per ogni lotto devono essere confezionati 4 provini con compattatore giratorio secondo la procedura esposta al paragrafo §3.6.3.2. I provini devono essere maturati in stufa in condizione non sigillata a 40 °C per 72 ore, successivamente condizionati per almeno 4 ore in camera climatica a 25 °C e infine sottoposti a prova per la determinazione del modulo di rigidità in configurazione di trazione indiretta (IT-CY) secondo la norma UNI EN 12697-26 (Appendice C). La deformazione orizzontale imposta deve essere pari a  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ .

Dopo la prova di modulo di rigidità i provini devono risultare non danneggiati, devono essere ulteriormente condizionati per almeno 2 ore a 25 °C e sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23).

Ai fini dell'accettazione, devono essere calcolati i valori medi delle grandezze misurate, che devono soddisfare i seguenti requisiti:

- Resistenza media a trazione indiretta a 25 °C,  $R_{t,m} \geq 0,45$  MPa;
- Modulo di rigidità medio a 25 °C,  $3000 \text{ MPa} \leq E_m \leq 6000 \text{ MPa}$ .

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

### 3.6.6.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO

Il controllo della compattazione dello strato deve essere eseguito in ciascun lotto effettuando, subito dopo la posa in opera, almeno 4 prove di massa volumica del secco in sito con volumometro a sabbia (CNR B.U. n. 22) in cui la misura del contenuto d'acqua del materiale è effettuata utilizzando il metodo tradizionale (UNI EN 1097-05) o il metodo con forno a microonde (ASTM D4643), secondo le indicazioni della DL. Si precisa che la miscela prelevata non deve essere riscaldata oltre 50 °C. Ciò comporta un prolungamento dei tempi di essiccazione previsti dalla norma per il raggiungimento della massa costante.

Ai fini dell'accettazione del lotto, la media dei valori di massa volumica del secco in sito deve essere uguale o superiore al 95% al valore determinato sulla miscela di progetto (paragrafo §3.6.3.3).

In caso di non conformità, a giudizio insindacabile della DL, può essere applicata una penale pari al 10% del costo del lotto sottoposto a prova. In caso in cui la non conformità sia tale da pregiudicare la funzionalità dell'opera, a giudizio insindacabile della DL, può essere richiesta la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Il controllo della regolarità superficiale può essere eseguito nei punti indicati dalla DL con un regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali o mediante altra metodologia approvata dalla DL. Sono ammessi scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm.

Il controllo delle quote di progetto e dello spessore dello strato può essere eseguito con procedimento topografico, prevedendo il rilievo di una griglia di punti di misura aventi, in direzione longitudinale, un distanziamento massimo di 20 m. La griglia deve, inoltre, permettere la verifica delle pendenze di progetto. Eventuali carenze di quota localizzate, fino a 10 mm, possono essere compensate dallo spessore dello strato superiore senza oneri ulteriori, nel caso di quote superiori a quelle di progetto lo strato, ad insindacabile giudizio della DL, può essere rimosso e risagomato a cura e spese dell'Impresa.

Lo spessore medio dello strato deve essere uguale a quello prescritto in fase di calcolo della pavimentazione, accettando una tolleranza del 5%.

### 3.6.7. CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA

In aggiunta ai controlli in corso d'opera illustrati al paragrafo §3.6.6, è prevista l'esecuzione di controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita che possono dare luogo a penali aggiuntive secondo quanto prescritto all'Articolo 10.

### 3.7. MIGLIORAMENTO IN SITO DI STRATI DI FONDAZIONE NON LEGATI MEDIANTE BITUME SCHIUMATO E CEMENTO

#### 3.7.1. DESCRIZIONE

Il miglioramento in sito dello strato di fondazione non legato con bitume schiumato e cemento viene realizzato mediante idonee attrezzature mobili (con miscelatore a volume variabile) che consentono di miscelare in sito la fondazione esistente (o materiale fresato) con aggiunta di bitume schiumato, cemento, acqua e, se necessario, aggregati vergini. La miscela così ottenuta viene compattata per uno spessore massimo di 30 cm da intendersi come spessore finale della fondazione.

Il bitume schiumato è prodotto dalle reazioni fisico-chimiche del bitume mediante la polverizzazione delle sue molecole con acqua in pressione. Il processo si realizza all'interno di una particolare camera di espansione mediante il contatto con il bitume a circa 180 °C con acqua ad alta pressione.

Macchine che non operano nel modo sopraddetto potranno essere allontanate dal cantiere a insindacabile giudizio del DL.

#### 3.7.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### 3.7.2.1. AGGREGATI

La preesistente fondazione in misto granulare deve essere priva di frazioni plastiche (limi, argille).

In presenza di tali frazioni dovrà essere eseguito un pretrattamento a calce. Qualora le limitazioni operative scongiurassero l'esecuzione di detto trattamento, sarà inevitabile procedere alla sostituzione del materiale compromesso. La granulometria dello strato da riciclare, valutata in volume, deve essere conforme al fuso riportato in Tabella 3.16.

Si precisa che la distribuzione granulometrica in volume può essere ottenuta da quella in peso, tenendo conto della massa volumica delle frazioni granulometriche impiegate.

Tabella 3.16

Setacci [mm]	Passante in volume [%]
40	100-100
31,5	85-100
20	70-95
10	50-80
4	30-55
2	20-40
0,5	10-20
0,25	7-15
0.063	5-10

Qualora le caratteristiche della miscela non fossero conformi al fuso sopra indicato si dovrà operare mediante l'integrazione con aggregati vergini di dimensioni opportune in modo da migliorare la curva granulometrica iniziale.

Eventualmente dette aggiunte possono anche essere operate con aggregato RA (Reclaimed Asphalt).

Qualora non si impieghi aggregato RA, gli aggregati di integrazione (devono provenire esclusivamente da frantumati di cava (frantumazione 100%) e conformi ai requisiti riportati in Tabella 3.17.

Tabella 3.17

	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	100
Sensibilità al gelo <sup>(a)</sup>	UNI EN 1367-1	%	≤ 2
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	%	≥ 35
Indice plastico (IP)	UNI EN ISO 17892-12	%	N.P.

(a) La determinazione della proprietà può essere omessa qualora l'impiego dell'aggregato sia previsto in zone non soggette al gelo, o quando l'assorbimento d'acqua (WA24) dell'aggregato risulti inferiore allo 1% (UNI EN 1097-6), o quando la resistenza alla frammentazione (LA) risulti non superiore al 25%.

Le frazioni granulometriche impiegate per l'integrazione devono essere conformi al Regolamento UE n. 305/2011. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE e dalla dichiarazione di prestazione che attesti il possesso dei requisiti indicati nell'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242 e al DM 11/04/2007 (Sistema di attestazione della conformità: 2+).

### 3.7.2.2. BITUME SCHIUMATO

Il bitume deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della rispettiva norma europea armonizzata UNI EN 12591. Le caratteristiche del legante bituminoso sotto forma di schiuma di bitume sono riportate nel paragrafo §2.2.2 (Tabella 2.2 e Tabella 2.3, legante "A1").

### 3.7.2.3. CEMENTO

Il legante cementizio deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. È consentito l'impiego di tutti i cementi comuni previsti dalla norma, preferibilmente delle classi di resistenza 32.5 e 42.5.

### 3.7.2.4. CALCE

La calce aerea, idrata o viva, deve essere qualificata in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata UNI EN 459-1. Le calce devono essere del tipo CL 90-S o CL 90-Q.

### 3.7.2.5. ACQUA

L'acqua deve essere esente da qualsiasi sostanza che possa inficiare le prestazioni del legante e della miscela. L'acqua deve essere conforme alla norma UNI EN 1008.

### 3.7.3. PRESCRIZIONI PROGETTUALI

La lavorazione viene eseguita sui materiali esistenti in sito e pertanto la progettazione viene sviluppata in corso d'opera, al fine di includere al suo interno le varie situazioni che si possono riscontrare in corso di esecuzione.

Prima dell'inizio delle lavorazioni, i parametri operativi vengono definiti sulla base dell'esame da parte della Committente dei materiali presenti in situ per la definizione del PUNTO OPERATIVO e corretti in corso d'opera.

### 3.7.3.1. SCELTA DEL “PUNTO OPERATIVO”

Il PUNTO OPERATIVO effettivo delle lavorazioni, dipendente da quello che risulta essere il materiale da riciclare in sito, viene determinato, nell’ambito dei range sopra descritti, attraverso una procedura di controlli da eseguirsi, da parte della Committente, prima e durante le operazioni di schiumatura.

Tale procedura verrà curata in sito da un tecnico della Committente definito “Responsabile della Qualità dello Schiumato” (RQS). Tutti i dati risultanti dai controlli eseguiti dovranno essere annotati a cura del RQS sulle apposite schede fornite:

- una Scheda di Rilevamento Dati riassuntiva (allegato 1 al Rapporto di prova) in cui dovranno essere annotati tutti i dati raccolti e che a conclusione dei lavori verrà firmata dal Direttore Lavori e dal RQS;
- una Scheda di Progetto in cui dovranno essere trascritti tutti i dati che riguardano il PUNTO OPERATIVO (passante al setaccio 10 mm, passante al setaccio 2 mm, tipo di integrazione, umidità naturale, umidità totale e % di cemento) (allegato 2 al rapporto di prova) che verrà firmata dal Direttore Lavori, dal RQS, vistata dall’impresa e validata dal RUP.

Di seguito sono descritti i controlli che l’RQS provvederà ad effettuare ed organizzare ai fini della determinazione del PUNTO OPERATIVO. Tutti gli adattamenti conseguenti ai controlli e attuati in base alla procedura seguente, dovranno essere sottoposti, durante le fasi lavorative, al DL per approvazione.

#### 3.7.3.1.1. CONTROLLI AD INIZIO LAVORI

Al fine di effettuare i controlli sottoelencati verrà prelevato un campione del materiale esistente riferito a tutto lo spessore dello strato interessato, pertanto bisognerà prestare particolare attenzione durante la fase di prelievo e successiva quartatura (UNI EN 932-1):

- Controllo della GRANULOMETRIA del misto granulare in sito da effettuarsi prima dell’inizio della schiumatura.

Il controllo avverrà inizialmente prelevando del materiale sul fondo dei primi metri di cassonetto aperto (prima che le frese si allontanino) in modo da definire l’esigenza di eventuali integrazioni che comportano un diverso approfondimento della fresatura.

L’analisi granulometrica verrà effettuata determinando le percentuali di passante ricavate mediante l’impiego di due setacci con apertura della maglia di 10 mm e di 2 mm, in quanto rappresentativi del contenuto di frazione grossa e fine. Tali percentuali verranno utilizzate per la valutazione delle correzioni da apportare secondo il seguente schema:

% passante setaccio 10	% passante setaccio 2	integrazione
> 65%	> 25%	5 cm di spessore inerte 10-40
≤ 65%	< 25%	2 cm di spessore sabbia (frantumata di cava)
Casi intermedi		nessuna integrazione

Qualora i valori percentuali di passante per essi determinati, anche dopo l’aggiunta analitica del materiale di integrazione, non dovessero essere ricompresi nei limiti del fuso di cui al paragrafo §3.7.2.1 si dovrà interrompere la lavorazione ed interpellare il DL che definirà le opportune azioni da intraprendere.

- Controllo della UMIDITÀ (UNI EN 1097-5) dello strato di fondazione da trattare, da effettuarsi prima dell’inizio delle operazioni di schiumatura.

Il valore ottimale dell'umidità totale (umidità naturale + eventuale aggiunta) deve essere circa pari al 6% (a cui corrisponde una percentuale di cemento del 3% ed una percentuale di bitume del 4%).

Nel caso in cui con tale controllo si riscontri una % di umidità naturale inferiore si dovrà provvedere ad impostare sulla macchina di schiumatura una integrazione di acqua. Nel caso in cui l'umidità naturale sia uguale o superiore al 6%, non verrà impostata aggiunta di acqua sulla schiumatrice e dovrà essere effettuato un pretrattamento a calce (preferibilmente calce viva).

Nel caso di eccessiva umidità naturale (oltre il 10%):

- se dovuta a precipitazioni meteoriche abbondanti, si dovrà interrompere la lavorazione in attesa che la fondazione si asciughi.
- se dovuta a diversa motivazione si dovrà interrompere la lavorazione e si dovrà interpellare la DL per definire le opportune azioni da intraprendere.

In ogni caso, a suo insindacabile giudizio la DL, dopo aver concluso le operazioni di demolizione della lastra e di pulizia e regolarizzazione del cavo, potrà eventualmente disporre l'esecuzione di tutti gli accertamenti ritenuti necessari sul materiale in opera.

Nel caso la DL ritenga che tale materiale non sia idoneo alla lavorazione, si dovrà procedere alla bonifica della fondazione con materiale granulometricamente idoneo (in conformità a quanto descritto nel paragrafo §3.7.2.1) e, solo a bonifica avvenuta, si potrà procedere alle operazioni di schiumatura.

#### 3.7.3.1.2. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

Al fine di effettuare i controlli sottoelencati verrà prelevato un campione riferito a tutto lo spessore dello strato interessato, pertanto bisognerà prestare particolare attenzione durante la fase di prelievo e successiva quartatura (UNI EN 932-1):

- Controllo della UMIDITÀ (UNI EN 1097-5) dello strato di fondazione da trattare, da effettuarsi ogni 500 m di produzione.  
 Nel caso in cui l'umidità naturale sia uguale o superiore al 6% dovrà essere effettuato un pretrattamento a calce (preferibilmente calce viva).  
 Nel caso di eccessiva umidità naturale (oltre il 10%), riconducibile quindi ad eventi non previsti in sede di progettazione di base:
  - se dovuta a precipitazioni meteoriche abbondanti, si dovrà interrompere la lavorazione in attesa che la fondazione si asciughi.
  - se dovuta a diversa motivazione si dovrà interrompere la lavorazione e si dovrà interpellare la DL per definire le opportune azioni da intraprendere.

Qualora il fermo della lavorazione non fosse attuabile per esigenze legate all'Esercizio, l'avanzamento delle stesse dovrà essere esplicitamente ordinato dalla DL, debitamente informata dall'RQS della situazione riscontrata.

- Controllo della GRANULOMETRIA, il controllo in corso d'opera avverrà ogni 1000 m di produzione od ogni qualvolta sia visibile (a giudizio dell'RQS) una modifica evidente delle caratteristiche granulometriche.  
 L'analisi granulometrica verrà effettuata utilizzando la stessa metodologia precedentemente descritta e determinando le percentuali di passante ricavate mediante l'impiego di due setacci con apertura della maglia di 10 mm e di 2 mm, in quanto rappresentativi del contenuto di frazione grossa e fine. Tali percentuali verranno utilizzate per la valutazione delle correzioni da apportare secondo il seguente schema:



% passante setaccio 10	% passante setaccio 2	integrazione
> 65%	> 25%	5 cm di spessore inerte 10-40
≤ 65%	< 25%	2 cm di spessore sabbia (frantumata di cava)
Casi intermedi		nessuna integrazione

Qualora i valori percentuali di passante per essi determinati, anche dopo l'aggiunta analitica del materiale di integrazione, dovessero non essere ricompresi nei limiti del fuso di cui al paragrafo §3.7.2.1 si dovrà procedere come indicato al paragrafo §3.7.3.1.1.

### 3.7.3.2. RQS: ALTRI CONTROLLI AGGIUNTIVI IN CORSO D'OPERA

L'RQS ha anche la responsabilità nel corso della lavorazione di effettuare anche i seguenti controlli di QUALITA' :

- Controllo della QUALITÀ del BITUME all'arrivo di ogni nuova cisterna con lettura delle bolle di consegna e verifica sull'utilizzo dei soli bitumi schiumati QUALIFICATI dal Laboratorio Centrale di Fiano Romano (scheda dei bitumi da schiumatura qualificati fornita dalla Committente).
- Controllo della TEMPERATURA di impiego del BITUME (deve essere **compresa tra 165°C e 190°C**) da effettuare al pannello del computer di controllo sulla macchina di schiumatura **all'arrivo di ogni nuova cisterna** dopo il riscaldamento dei condotti di adduzione del bitume agli ugelli di spruzzaggio o altrimenti misurando la temperatura del bitume agli sfiati superiori delle cisterne con pistola all'infrarosso;
- Controllo della % di BITUME il cui valore di impiego è pari al 4 %, da controllare al pannello del computer di controllo della schiumatrice: **all'inizio e ad ogni ripresa dei lavori ed all'inizio di ogni nuova fornitura;**
- Controllo della % di ACQUA DI SCHIUMATURA che deve corrispondere a quella prescritta (vedi tabella bitumi schiumati QUALIFICATI – sensibilità dei diversi prodotti a tale parametro) da controllare al pannello del computer di controllo della schiumatrice: **all'inizio e ad ogni ripresa dei lavori;**
- Controllo della % di CEMENTO da controllare davanti alla schiumatrice (ad es. utilizzando una piastra da 1-0,5 mq da mettere a terra davanti la spandi-cemento) effettuando : **n.2 controlli ogni giorno di lavorazione e comunque ad ogni variazione di % impostata;**
- Controllo della COMPATTAZIONE con verifica della presenza dei mezzi raccomandati: rullo vibrante mono tamburo con peso statico di almeno 20 t e un rullo gommato di almeno 18 t.

I tratti in cui al passaggio del rullo la fondazione presenti un comportamento visivamente instabile, oppure si osservi una risalita di umidità in superficie durante la rullatura dello schiumato (confermata dal controllo di umidità totale raggiunta), dovranno essere immediatamente segnalati al DL per la definizione di soluzioni progettuali alternative.

Per esigenze legate all'Esercizio (data prevista di riapertura al traffico del tratto da rispettare tassativamente), potranno essere adottate soluzioni di emergenza diverse da quelle ottimali, tali soluzioni saranno decise dal DL per tutti gli aspetti tecnici (solitamente si prevede la bonifica degli strati di fondazione interessati con materiale vergine). In questo caso il RQS dovrà espressamente prenderne nota sulla scheda ed il RUP provvederà a darne tempestiva informazione alla Commissione di Collaudo.

- Controllo dello SPESSORE del cavo risultante dopo la compattazione, con verifica del rispetto della quota prevista dal progetto per il piano di stesa della base in conglomerato ai due lati del cavo e della planarità del piano stesso: ogni 200 m di produzione;

### 3.7.3.3. RQS: CONTROLLI di PORTANZA a SCHIUMATURA TERMINATA

Controllo puntuale della PORTANZA (metodo di prova interno ASPI) sulla fondazione schiumata con il rilievo del modulo elastico eseguito con Light Falling Weight Deflectometer PORTATILE (Dynatest 3031 LFWD) che deve essere eseguito con un passo di almeno 20 m di intervento su due allineamenti destra e sinistra posti a 50 cm dal bordo del cavo a 24 h di maturazione (Figura 3.1).

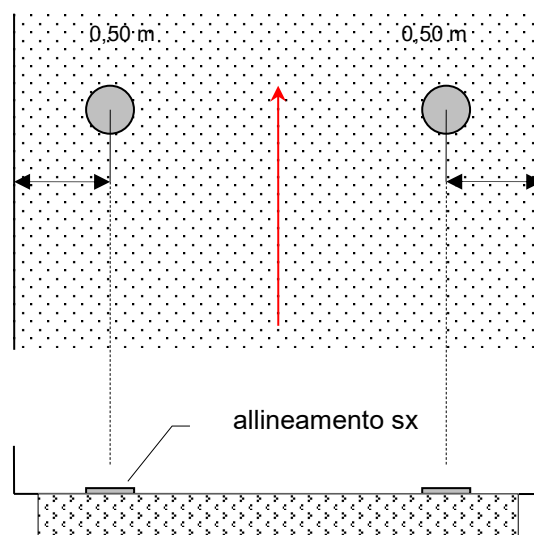


Figura 3.1

Come detto, la schiumatura è un'operazione che prevede il riciclaggio completo dello strato trovato in situ, di conseguenza, pur in presenza di una progettazione di base con range ampi di applicabilità e correzioni frequenti del PUNTO OPERATIVO, residuano possibilità di zone singolari.

L'RQS dovrà effettuare delle prove attraverso LFWD per intercettare eventuali casi specifici. Tali prove dovranno essere effettuate in un intervallo di tempo compreso tra 3 e 12 ore dall'operazione di compattazione dopo schiumatura e fino a tale momento non dovrà essere dato corso alle operazioni successive.

LA SOGLIA MINIMA di ACCETTABILITA' della lavorazione è pari a 100 MPa dopo almeno 3 ore di maturazione.

Nel caso in cui i valori misurati risultino inferiori al minimo di riferimento (100 MPa), il RQS dovrà comunicarlo immediatamente al DL.

Il DL deciderà le eventuali operazioni di bonifica da eseguire anche in relazione alle esigenze legate all'Esercizio.

L'RQS dovrà espressamente prendere nota di quanto avvenuto sulla scheda.

L'RQS è altresì chiamato all'esecuzione di un altro set di misurazioni.

È indispensabile che, insieme alle prove LFWD, venga accuratamente registrato l'esatto tempo di maturazione della fondazione schiumata testata e comunque tutti i dati richiesti come da procedura precedentemente descritta.

### 3.7.4. POSA IN OPERA SCHIUMATO

La lavorazione in opera della miscela deve essere effettuata, se possibile con una sola passata (con macchine a tutta larghezza), mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti alla segregazione degli elementi litoidi più grossi; nel caso di uso di miscelatrici più strette

della larghezza da trattare, si dovrà operare in due o più passate, curando una sovrapposizione (per qualche decina di centimetri) delle strisciate contigue.

La miscela appena trattata deve essere immediatamente compattata mediante un rullo metallico vibrante mono tamburo con peso statico di almeno 20 t e un rullo gommato di almeno 18 t, operante direttamente a tergo del treno di schiumatura. Il rullo gommato lavora senza interruzioni su tutta la tratta.

Le operazioni di messa in opera e la dimensione della sezione da trattare dovranno tenere in considerazione la capacità dell'autobotte di bitume ottimizzando le tempistiche delle lavorazioni evitando tempi di attesa e residui di produzione.

Al termine del costipamento e di rifinitura, sui bordi e sulle pareti verticali del cassonetto, deve essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa cationica (paragrafo §2.5, Tabella 2.6, legante "C1") in ragione di  $0.5 \div 1.5 \text{ kg/m}^2$ .

Con temperatura dell'aria inferiore ai  $5^\circ\text{C}$  la lavorazione della miscela deve essere sospesa e comunque sempre in caso di pioggia.

La lavorazione consente dopo compattazione una immediata apertura al traffico di cantiere ed in caso di emergenza, per brevissimo tempo sotto stretto controllo, anche al traffico normale.

### 3.7.5. CARATTERISTICHE DELLA MISCELA

Al fine di verificare la rispondenza della miscela alle caratteristiche attese per la lavorazione, si potrà procedere sia con delle verifiche su campioni confezionati in laboratorio che su campioni prelevati in situ.

I provini preparati in laboratorio (con materiale prelevato in situ, non compattato) devono essere confezionati utilizzando il metodo volumetrico (pressa giratoria) con le seguenti condizioni di prova:

#### CONDIZIONI DI PROVA

Angolo di rotazione	: $1,25^\circ \pm 0,02^\circ$
Velocità di rotazione	: 30 rotazioni al minuto
Pressione verticale, kPa	: 600
Diametro provino, mm	: 150
n° giri	: 180
Massa campione, g	: 4500 comprensivo di bitume, cemento e acqua

I provini confezionati mediante metodo volumetrico devono essere maturati a  $40^\circ\text{C}$  per 72 h e successivamente sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta dopo termostatazione per 4 ore in forno a  $25^\circ\text{C}$  (UNI EN 12697-23).

La miscela dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

Resistenza a trazione indiretta ITS a 72 ore di maturazione:  $> 0,4 \text{ MPa}$

Coefficiente di trazione indiretta CTI a 72 ore di maturazione:  $> 50 \text{ MPa}$

Tali valori di Resistenza a trazione, insieme al Coefficiente di trazione indiretta, si riferiscono al materiale confezionato in laboratorio con pressa giratoria e maturato in modo "controllato". Tali valori potranno diminuire, a seguito di immersione in acqua per simulare il confezionamento e la maturazione in sito, fino al 50% del valore minimo sopra dichiarato (può essere fatta una verifica di laboratorio su campioni maturati per 72 ore a  $40^\circ\text{C}$ , e successivamente lasciati in imbibizione per 1 ora a  $25^\circ\text{C}$ .); pertanto i valori minimi di ITS e CTI riferiti al materiale confezionato e maturato in sito saranno rispettivamente pari a:

$$\text{ITS} = 0,2 \text{ MPa e CTI} = 25 \text{ MPa.}$$

Per verifiche effettuate tramite prova di trazione indiretta su campioni prelevati in situ mediante carotaggio, si dovrà applicare ai valori di riferimento di cui sopra un coefficiente di riduzione pari a 0,85 per tenere conto del disturbo arrecato al campione dall'operazione di prelievo.

Deve altresì essere determinata la densità geometrica secca a 180 giri, quale riferimento per il grado di addensamento.

### 3.7.6. NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI – PROVE HWD A PAVIMENTAZIONE FINITA

In aggiunta ai controlli in corso d'opera illustrati al paragrafo §3.7.7, è prevista l'esecuzione di controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita che possono dare luogo a penali aggiuntive secondo quanto prescritto all'Articolo 10.

### 3.7.7. NORME DI CONTROLLO DELLE LAVORAZIONI - CAROTAGGI

Per il controllo delle lavorazioni saranno anche effettuati dei carotaggi, per i quali dovrà essere seguita la seguente procedura:

- Carotaggio effettuato in 2 FASI: nella prima fase si procede con l'estrazione dei soli strati di conglomerato bituminoso sovrastanti lo strato stabilizzato con bitume schiumato; nella seconda fase si effettua il carotaggio del solo strato in bitume schiumato.
- Dovranno essere utilizzate esclusivamente carotatrici elettriche, con potenza di targa non inferiore a 2.8 kW e sistema di stabilizzazione idoneo ad evitare eccessive vibrazioni e/o difficile reinserimento della corona nel cavo di carotaggio dopo l'estrazione del prodotto di prima fase.
- Le corone dovranno essere nuove o con diamantatura in piena efficienza e con dentatura per conglomerati bituminosi.
- Il diametro minimo della corona dovrà essere di 150 mm e la stessa sarà accoppiata allo stelo di trasmissione attraverso un sistema attraverso il quale sia possibile, per estrarre la carota, rimuovere il fondo della corona su cui è situato lo stelo di trasmissione.
- Tale caratteristica permette di spingere il campione fuori dal tubo senza danneggiarlo, deve essere assolutamente evitata l'estrazione del campione mediante "battitura" sulle pareti laterali della corona che può facilmente provocare la disgregazione del campione stesso impedendone la corretta "valutazione" e misurazione.
- I carotaggi dovranno essere effettuati ad almeno 1 m di distanza dalla linea bianca continua di margine destro, ciò per evitare di introdurre degli indebolimenti localizzati della struttura in corrispondenza della wheelpath destra dove transitano le ruote dei mezzi pesanti.
- I carotaggi dovranno essere effettuati dopo almeno 90 gg di maturazione dello strato.

Per quanto attiene ai risultati delle operazioni di carotaggio, valgono le seguenti prescrizioni:

- Si assume che, trascorso il tempo di 90 giorni, le carote debbano essere estratte mantenendo nello strato di fondazione schiumata un ragionevole stato di coerenza. E' ammesso che la porzione terminale di tale strato non si distacchi in modo netto dal sottostante, dal momento che la lavorazione di schiumatura non viene effettuata su un appoggio liscio e piano, ed è quindi plausibile lo stabilirsi di una interfaccia incoerente all'interfase. Se si verifica questa ipotesi, la misurazione degli spessori dei vari strati sarà effettuata nel cavo di carotaggio.

- Qualora l'operazione di carotaggio dia ripetuti esiti negativi, il RUP verrà prontamente informato e richiesto di effettuare determinazioni circa l'accettabilità della lavorazione. Prima di definire come non accettabile la lavorazione, il RUP potrà (visti i dati relativi alla determinazione del PUNTO OPERATIVO e gli eventuali test effettuati con HWD) richiedere l'ulteriore prova a maglie infittite di portanza con HWD e/o l'effettuazione di carotaggi con corona da 200 mm.

Questo per valutare, a suo giudizio e responsabilità, se la mancata estrazione delle carote può essere dovuta a presenza di aggregati di dimensioni tali da rendere l'estrazione della carota con corona di diametro standard 150 mm difficoltosa a causa delle azioni tangenziali trasmesse dalla stessa allo strato di fondazione.

Il RUP dovrà trasmettere alla Commissione di Collaudo le proprie conclusioni, eventualmente asseverate dalla struttura tecnica PBS.

- Le carote estratte saranno sottoposte a prove di trazione indiretta in laboratorio (se eseguibile) che dovranno rispettare i limiti di seguito elencati per i parametri ITS e CTI (UNI EN 12697-23)

$$\text{ITS} = 0,85 \cdot 0,2 = 0,17 \text{ MPa}$$

$$\text{CTI} = 0,85 \cdot 25 = 21 \text{ MPa.}$$

### 3.7.8. RUOLI E RESPONSABILITA' PROCEDURALI, TRASMISSIONE DEI DATI

Pur vigendo per la lavorazione in questione regole identiche a quelle vigenti per le altre lavorazioni e scandite dalla vigente normativa e/o dalle procedure interne ad ASPI, si riportano nel seguito utili elementi chiarificatori, stante la specificità di controlli e correzioni del PUNTO OPERATIVO peculiari del processo di schiumatura.

Le schede predisposte prima, durante e dopo la lavorazione da parte degli RQS e contenenti gli interventi dagli stessi effettuati per la determinazione (prima della lavorazione) del PUNTO OPERATIVO e la successiva correzione in corso d'opera, così come i controlli effettuati a valle della lavorazione e descritti nei paragrafi precedenti dovranno essere firmate da RQS, DL, Impresa e RUP ed essere rese disponibili alla Commissione di Collaudo entro una settimana dalla conclusione delle lavorazioni. Qualora la Commissione di Collaudo intervenisse su un sito durante l'esecuzione della lavorazione, dovrà ricevere direttamente dall'RQS le schede fino a quel momento compilate, ricevendone il completamento secondo i termini anzidetti.

## 4. CONGLOMERATI BITUMINOSI CHIUSI

I conglomerati bituminosi chiusi sono miscele a basso tenore di vuoti costituite da aggregati, legante bituminoso, additivi ed eventuale conglomerato bituminoso di recupero (aggregato RA).

Nella Tavola Sinottica 4.1 sono riportate le composizioni indicative di conglomerati bituminosi chiusi confezionati in impianto di tipo “normale” e di tipo “Hard”. I conglomerati bituminosi di tipo “normale” sono quelli confezionati con bitume normale; i conglomerati bituminosi di tipo “Hard” sono quelli confezionati con legante bituminoso modificato “hard” con polimeri di tipo SBS.

Il conglomerato bituminoso ed i materiali costituenti devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione.

Prima di ogni fornitura l'impresa è tenuta a produrre la Dichiarazione di Prestazione (DoP) e la marcatura CE attestante la conformità delle miscele all'allegato ZA delle norme europee armonizzate di riferimento UNI EN 13108-1 e UNI-EN 13108-5.

Tali norme, valide per miscele confezionate a caldo (i.e. temperatura di miscelazione maggiore di 140 °C), sono applicabili anche a miscele confezionate con tecnologia tiepida (i.e. temperatura di miscelazione compresa tra 100 °C e 140 °C) mediante specifici additivi, purché vengano garantite le stesse prestazioni richieste per le corrispondenti miscele confezionate a caldo.

TAVOLA SINOTTICA 4.1  
Composizione Miscele

Tipo di miscela	Strati di impiego	Tipo di legante	Aggregato vergine* (% in peso)	Aggregato RA (% in peso)	Additivi ACF
CB Normali	Base	Bitume normale A v. §2.2.1	≥ 75	≤ 25	Vedi §2.8
	Collegamento		≥ 85	≤ 15	
	Usura		≥ 90	≤ 10	
CBH Hard	Base	Bitume modificato con SBS B v. §2.3	≥ 70	≤ 30	
	Collegamento		≥ 75	≤ 25	
	Usura		≥ 85	≤ 15	
	Usura antisdrucchiolo SMA		≥ 90*	≤ 10	

\* Per le miscele SMA la committenza a suo insindacabile giudizio ha la facoltà di richiedere un quantitativo in peso ≥ 70% di scorie di acciaieria ottenute da fornace ad arco elettrico (*Electric Arc Furnace EAF*)

### 4.1. PRESCRIZIONI GENERALI

Prima dell'inizio delle lavorazioni l'impresa deve presentare alla DL la formulazione delle miscele di progetto ed i materiali che intende utilizzare per i lavori di manutenzione delle pavimentazioni corredati da tutta la documentazione di riferimento (mix design, prove di laboratorio, marcature CE, etc.).

Per ciascun impianto l'Impresa deve presentare un set (base, collegamento, usura, usura drenante, etc.) di miscele con solo aggregati di tipo “vergine” e, qualora previste, le corrispondenti miscele con “aggregato RA” in conformità alla Tavola Sinottica 4.1. La DL con il supporto della struttura PLB verifica gli studi ed i materiali, eseguendo le prove necessarie presso il Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano, a spese dell'Impresa. Successivamente la DL comunica all'Impresa le formulazioni ed i materiali approvati da impiegare sulla rete.

Eventuali variazioni ai dati di progetto, dovute a necessità logistiche/operative, possono essere apportate in corso d'opera unicamente dopo approvazione e ad insindacabile giudizio della DL stessa.

Molte delle specifiche che seguono sono di tipo prescrittivo e non eliminano, anche se seguite rigorosamente, le responsabilità dell'Impresa sulle prestazioni finali del prodotto in opera, che sono espressamente richiamati nel presente articolo e nell'Articolo 10. In ogni caso anche le specifiche prescrittive, se disattese, possono generare azioni correttive da parte della DL.

## 4.2. PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVE AI MATERIALI COSTITUENTI

### 4.2.1. BITUME

Si possono utilizzare solo ed unicamente i bitumi che risultano qualificati dal Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali di Fiano Romano (v. Articolo 2).

Per tutte le specifiche si richiamano espressamente le norme di cui all'Articolo 2, con particolare riferimento al paragrafo §2.2.1 e al paragrafo §2.3.

### 4.2.2. AGGREGATI

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE attestante la conformità alla norma europea armonizzata di riferimento UNI EN 13043 (allegato ZA) e al D.M. 16/11/2009.

I cumuli delle diverse classi di aggregati devono essere nettamente separati tra di loro, identificati con cartelli ben visibili, in zone prive di ristagni di acqua e di sostanze argillose.

La miscela degli aggregati da impiegarsi nella produzione dei conglomerati bituminosi è costituita dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e dell'aggregato filler. È consentito l'impiego di aggregati ottenuti dalla lavorazione di aggregati lapidei di diversa provenienza o natura petrografica, aggregati artificiali e di conglomerato bituminoso di recupero, purché alle prove di seguito elencate, eseguite su campioni rappresentativi della miscela che si intende produrre, soddisfino i requisiti tecnici richiesti.

Per i conglomerati di tipo usura e SMA la percentuale di impiego di aggregato grosso di natura basaltica non dovrà essere inferiore al 35% in peso sul totale della miscela. La DL si riserva, a suo insindacabile giudizio e con il supporto della struttura PLB, la facoltà di valutare miscele con percentuali di aggregati di tipo basaltico inferiori a tale valore.

Per i conglomerati di tipo SMA la committenza si riserva la possibilità di richiedere a suo insindacabile giudizio una percentuale di impiego di aggregato grosso ricavato da scorie di acciaieria, eventualmente integrata con aggregati di natura basaltica, complessivamente non inferiore al 40% in peso sul totale della miscela.

L'aggregato filler può provenire dalla frazione fine delle altre classi di aggregato (filler di recupero) o può essere aggiunto quale componente supplementare nella produzione dei conglomerati bituminosi (filler di additivazione).

Di seguito sono elencate nel dettaglio tutte le prescrizioni progettuali riguardanti i requisiti richiesti per l'aggregato grosso, l'aggregato fine e l'aggregato filler.

#### – PERCENTUALE DI PARTICELLE FRANTUMATE NELLA MISCELA DI AGGREGATI (UNI EN 933-5 – $D \geq 4$ mm)

Strato di base:	minimo 90% di aggregato frantumato (*)
-----------------	--

Strato di collegamento:	minimo 90% di aggregato frantumato (*)
Strato di usura, SMA:	100% di aggregato frantumato (*)

(\*) Per aggregato frantumato si intende un aggregato che non abbia nessuna faccia arrotondata.

#### – RESISTENZA ALLA FRAMMENTAZIONE

Per ciascuna componente di aggregato grosso di diversa origine e provenienza, la resistenza alla frammentazione determinata mediante la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) deve essere:

Strato di base:	LA ≤ 25% in peso.
Strato di collegamento:	LA ≤ 25% in peso.
Strato di usura, SMA (*):	LA ≤ 18% in peso

(\*) la DL si riserva, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, la facoltà di accettare aggregati che non rispettino il valore LA sopra indicato ma garantiscano caratteristiche prestazionali ritenute adeguate per la miscela.

#### – SENSIBILITÀ AL GELO

La resistenza al gelo e disgelo, eseguita sulle singole pezzature di aggregato grosso (UNI EN1367-1) deve essere:

Strati di base e di collegamento:	≤ 2%.
Strato di usura, SMA:	≤ 1%.

(\*) la DL si riserva, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, la facoltà di accettare aggregati che non rispettino i valori sopra indicati ma garantiscano caratteristiche prestazionali ritenute adeguate per la miscela.

#### – VALORE DI LEVIGABILITÀ (STRATI DI USURA, SMA)

Per ciascuna componente di aggregato grosso di diversa origine e provenienza, il valore di levigabilità PSV (UNI EN 1097-8), misurato su un campione rappresentativo di aggregato grosso da impiegare negli strati di usura e SMA deve essere:

$$\text{PSV: } \geq 42 \text{ (*)}$$

(\*) la DL si riserva, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, la facoltà di accettare aggregati che non rispettino il valore PSV sopra indicato ma garantiscano caratteristiche prestazionali ritenute adeguate per la miscela.

Il trattenuto al setaccio da 2 mm derivante dalle pezzature fini ( $D \leq 4$  mm) non deve essere maggiore del 10% qualora gli aggregati provengano da rocce aventi un valore di levigabilità  $\text{PSV} < 42$ .

#### – ASSORBIMENTO DI ACQUA

L'assorbimento di acqua  $\text{WA}_{24}$  (UNI EN 1097-06) eseguito sulle singole pezzature utilizzate per la realizzazione di strati di base, collegamento, usura e SMA deve essere ≤ 1,5%.

La DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, in base alle caratteristiche prestazionali richieste alla miscela, si riserva la facoltà di accettare materiali con valore  $\text{WA}_{24}$  differente.

#### – INDICE DI FORMA E APPIATTIMENTO

Gli indici di forma SI (UNI EN 933-4) e di appiattimento FI (UNI EN 933-3), indipendentemente dallo strato della pavimentazione in cui gli aggregati trovano impiego, devono risultare rispettivamente:



SI:  $\leq 15\%$                       FI:  $\leq 15\%$

– EQUIVALENTE IN SABBIA

L'equivalente in sabbia SE (UNI EN 933-8) determinato sulle singole pezzature di aggregato fine, indipendentemente dallo strato della pavimentazione in cui gli aggregati trovano impiego, deve risultare:

SE:  $\geq 70\%$

– AFFINITA' TRA AGGREGATO E BITUME

Per lo strato di usura lo spogliamento in acqua (con eventuali attivanti di adesione) deve essere 0% (UNI EN 12697-11). In casi particolari, cioè in presenza di aggregati ad elevata acidità, la DL in accordo con la struttura PLB si riserva di richiedere sistemi di indagine più approfonditi.

– AGGREGATO FILLER

L'aggregato filler proveniente dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti, rocce sintetiche o artificiali, deve avere una granulometria (UNI EN 933-10) tale da soddisfare i seguenti requisiti:

Setaccio 2 mm - Passante in peso 100%

Setaccio 0,125 mm - Passante in peso compreso nell'intervallo 85-100 %

Setaccio 0,063 mm - Passante in peso compreso nell'intervallo 70-100 %

Della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio 0,063 mm più del 50% deve passare allo stesso setaccio anche a secco. Lo stiffening power (UNI EN 13179-1) deve fornire un valore  $\Delta_{R\&B}$  compreso tra 8 °C e 25 °C.

L'indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS17892-12) deve risultare non plastico (NP).

#### 4.2.3. CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO (Aggregato RA)

Ogni fornitura di aggregato RA deve essere accompagnata da una documentazione che ne attesti le caratteristiche secondo quanto previsto dalla norma europea di riferimento UNI EN 13108-8 e dal D.M. 69/2018

Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di aggregato RA riferite al totale della miscela degli aggregati, devono essere comprese nei limiti riportati nella Tavola Sinottica 4.1.

Tutto l'aggregato RA reimpiegato nella produzione dei conglomerati bituminosi deve provenire da pavimentazioni della rete ASPI.

Preventivamente l'aggregato RA deve essere lavorato meccanicamente mediante frantumazione e granulazione e, successivamente, vagliato per la suddivisione in frazioni.

Ciascuna frazione di aggregato RA granulato designata granulometricamente dalla sigla U RA d/D (in cui U esprime la dimensione minima in mm del setaccio attraverso cui passa il 100% dei granuli di aggregato RA, d/D è riferito alla classe granulometrica dell'aggregato lapideo contenuto nell'aggregato RA) deve essere caratterizzata in conformità alla norma UNI EN 13108-8 in termini di granulometria, tipo e contenuto di legante bituminoso.

Nel caso di miscele con contenuto di aggregato RA  $\leq 30\%$ , per aumentare l'uniformità del conglomerato bituminoso finale, è raccomandato l'uso di 2 frazioni di aggregato RA:

- una frazione fina 10 RA 0/6 mm
- una frazione grossa 20 RA 0/14 mm (per strati di usura) ovvero 31,5 RA 0/20 mm (per strati di base e collegamento) .

La frazione grossa (20 RA 0/14 mm ovvero 31,5 RA 0/20 mm) deve essere contraddistinta da una spiccata presenza di aggregato grosso contenuto nell'aggregato RA, tradotta da una percentuale di trattenuto al setaccio 6,3 mm  $\geq$  65%.

Nel caso in cui la DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, approvi l'impiego di percentuali di aggregato RA maggiori del 30% (in deroga a quanto indicato nella Tavola Sinottica 4.1), è obbligatorio l'utilizzo delle due frazioni di aggregato RA richiamate. Tutto l'aggregato RA, prima dell'impiego va vagliato al setaccio 31,5 mm per gli strati di base e collegamento e al setaccio 20 mm per gli strati di usura.

Per i conglomerati di tipo base e collegamento si può usare aggregato RA proveniente da qualsiasi strato, per il conglomerato di tipo usura e antisdrucchio (SMA) si può usare solo aggregato RA proveniente da strati superficiali (es. usura chiusa, microtappeto, usura drenante, SMA).

La zona destinata allo stoccaggio dell'aggregato RA granulato e vagliato si raccomanda che sia riparata dall'acqua piovana mediante specifiche coperture (in caso di utilizzi di aggregato RA in percentuali maggiori del 30%, preventivamente autorizzati dalla DL, è obbligatorio prevedere la protezione del materiale o altra soluzione tecnica che garantisca il rispetto dei requisiti richiesti in ordine al tenore di umidità all'atto dell'inserimento nella camera di miscelazione con gli inerti e preventivamente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia del materiale. L'umidità dell'aggregato RA, determinata ad una temperatura di essiccazione non superiore a 50 °C, prima di essere introdotto nell'impianto di produzione deve essere:

umidità aggregato RA  $\leq$  4% per miscele bituminose a caldo con % di aggregato RA  $\leq$  30%

umidità aggregato RA  $\leq$  3% per miscele bituminose tiepide con % di aggregato RA  $\leq$  30%

Per valori di umidità superiori a quelli richiamati l'impiego di RA deve essere sospeso.

Inoltre, i cumuli di aggregato RA ricavati da strati base e collegamento devono essere nettamente separati dai cumuli ricavati da strati di usura e antisdrucchio SMA e dai cumuli ricavati da strati antisdrucchio SMA contenenti scorie di acciaieria in modo da consentire che l'operazione di rifornimento nei predosatori avvenga con la massima cura.

Il bitume finale deve essere costituito da quello vergine di aggiunta e da quello proveniente dall'aggregato RA eventualmente additivato con ACF (v. paragrafo §2.9).

I requisiti richiesti agli aggregati dalle prescrizioni progettuali (v. paragrafo §4.2.2) valgono anche per miscele che prevedono l'utilizzo di RA.

La mancata osservazione delle prescrizioni fornite dalla DL comporta il divieto di utilizzare aggregato RA.

#### 4.2.4. ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI E ATTIVANTI DI ADESIONE

Vedi paragrafo §2.7 e paragrafo §2.8.

#### 4.2.5. ADDITIVI CHIMICI PER LA PRODUZIONE DI CONGLOMERATI TIEPIDI

Vedi paragrafo §2.9.

#### 4.2.6. FIBRE

Previste nel caso di conglomerati bituminosi antisdrucchio (SMA).

Vedi paragrafo §2.10.

### 4.3. PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVE ALLE MISCELE

Le miscele devono avere una composizione granulometrica compresa nei fusi riportati in Tabella 4.1 e un contenuto di bitume, riferito al peso totale degli aggregati, ricadente all'interno degli intervalli indicati nel paragrafo §4.3.1 per i diversi tipi di conglomerato.

Per la definizione del mix design della miscela si deve fare uso di almeno 3 classi di aggregati oltre all'eventuale aggregato RA.

Per consentire il controllo in fase di esecuzione del rispetto dei passanti in volume, il progetto della miscela dovrà evidenziare, per ogni setaccio, sia la percentuale in volume che quella in peso.

Tabella 4.1

Setacci** [mm]	Passante in volume [%]					
	STRATO DI BASE	STRATO DI COLLEGAMENTO	STRATO DI COLLEGAMENTO Aree di Servizio	STRATO DI USURA TIPO "A"	STRATO DI USURA TIPO "B"	STRATO DI USURA SMA
31.5	100-100	100-100	100-100	100-100	100-100	100-100
20	73-94	90-100	100-100	100-100	100-100	100-100
14	51-76	70-87	90-100	90-100	100-100	-
12.5	-	-	-	-	100-100	90-100
10	40-64	58-78	77-94	77-94	90-100	50*-75
6.3	31-55	46-66	57-76	57-76	-	-
4	-	-	-	-	44-62	27*-44
2	19-38	25-38	25-38	25-38	26-40	20*-30
0.5	8-21	11-21	12-22	12-22	14-22	13-23
0.25	5-16	7-17	9-17	9-17	10-16	9-17
0.063	4-8	4-8	6-10	6-10	6-10	8-13

\* Per le miscele SMA contenenti un quantitativo in peso  $\geq 70\%$  di scorie di acciaieria ottenute da fornace ad arco elettrico (*Electric Arc Furnace EAF*), la committenza a suo insindacabile giudizio ha la facoltà di accettare percentuali di passante diminuite di 5 punti percentuali (rispettivamente pari a 45%, 22%, 15%).

\*\* serie setacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 (UNI EN 13043)

Fuso A – usure con spessori da 4 a 6 cm

Fuso B – usure con spessori da 3 cm

#### 4.3.1. CONTENUTO DI BITUME

La percentuale di bitume totale riferita al peso degli aggregati, del tipo descritto nell'Articolo 2 deve essere compresa negli intervalli riportati in Tabella 4.2 al variare del tipo di legante.

Tabella 4.2

Tipo di miscela	Tipo di legante di aggiunta	Percentuale di bitume totale (*)		
		Miscele a caldo con aggregati RA $\leq 10\%$	Miscele a caldo con aggregati RA (**)	Miscele tiepide con aggregati RA (**)
Base Normale	Bitume A v. par. §2.2.1	4.0% - 5.5%	4.2% - 5.7%	4.3% - 5.8%
Collegamento Normale		4.5% - 6.0%	4.7% - 6.2%	4.8% - 6.3%
Usura Normale		5.0% - 6.5%	5.1% - 6.6%	5.2% - 6.7%
Base Hard	Bitume B v. par. §2.3	4.0% - 5.5%	4.3% - 5.7%	4.3% - 5.8%
Collegamento Hard		4.5% - 6.0%	4.8% - 6.2%	4.8% - 6.3%
Usura Hard		5.0% - 6.5%	5.1% - 6.6%	5.2% - 6.7%
Usura SMA		6.0% - 7.5%	-	-

(\*) Se è previsto l'utilizzo di aggregati artificiali caratterizzati da una massa volumica diversa da  $2650 \text{ kg/m}^3$ , le percentuali di bitume sopra riportate devono essere moltiplicate per il fattore  $\alpha = 2650/\rho$ , dove  $\rho$  esprime la massa volumica della miscela di aggregati.

(\*\*) I valori della percentuale di bitume totale devono essere ulteriormente incrementati, ad insindacabile giudizio della DL e in accordo con la struttura PLB, qualora venissero autorizzate percentuali di aggregato RA superiori a quelli indicati nella Tavola Sinottica 4.1.

#### 4.3.2. PROVE VOLUMETRICHE E MECCANICHE – REQUISITI DI IDONEITA'

La miscela di progetto deve essere analizzata mediante pressa giratoria (ASTM D6925) adottando i seguenti parametri di prova:

- Angolo di rotazione esterno: 1.25°
  - Velocità di rotazione: 30 rotazioni al minuto
  - Pressione verticale: 600 kPa
  - Diametro della fustella (\*): 150 mm (strato di base e di strato collegamento)
  - Diametro della fustella: 100 mm (strato di usura)
- (\*) per strato di collegamento per aree di servizio (aggregati con  $D \leq 16$  mm) è ammesso l'uso di fustelle con diametro 100 mm

##### 4.3.2.1. VUOTI D'ARIA

I provini compattati mediante pressa giratoria devono rispettare le specifiche tecniche riportate in Tabella 4.3 in termini di contenuto dei vuoti d'aria residui (UNI EN 12697-8) in funzione del livello di compattazione.

Tabella 4.3

Livello di compattazione	BASE NORMALE	BASE HARD
N1	% Vuoti a 10 rotazioni: 12 ÷ 15	% Vuoti a 10 rotazioni: 12 ÷ 15
N2 (*)	% Vuoti a 100 rotazioni: 3 ÷ 5 (*)	% Vuoti a 120 rotazioni: 3 ÷ 5 (*)
N3	% Vuoti a 180 rotazioni: $\geq 2$	% Vuoti a 200 rotazioni: $\geq 2$
	COLLEGAMENTO NORMALE	COLLEGAMENTO HARD
N1	% Vuoti a 10 rotazioni: 12 ÷ 15	% Vuoti a 10 rotazioni: 12 ÷ 15
N2 (*)	% Vuoti a 100 rotazioni: 3 ÷ 5 (*)	% Vuoti a 120 rotazioni: 3 ÷ 5 (*)
N3	% Vuoti a 180 rotazioni: $\geq 2$	% Vuoti a 200 rotazioni: $\geq 2$
	USURA NORMALE	USURA HARD
N1	% Vuoti a 10 rotazioni: 12 ÷ 15	% Vuoti a 10 rotazioni: 12 ÷ 15
N2 (*)	% Vuoti a 130 rotazioni: 3 ÷ 5 (*)	% Vuoti a 150 rotazioni: 3 ÷ 5 (*)
N3	% Vuoti a 220 rotazioni: $\geq 2$	% Vuoti a 240 rotazioni: $\geq 2$
		USURA SMA
N1		% Vuoti a 10 rotazioni: 8 ÷ 12
N2 (*)		% Vuoti a 100 rotazioni: 2 ÷ 4 (*)
N3		% Vuoti a 180 rotazioni: $\geq 2$
		USURA SMA CON SCORIE (**)
N1		% Vuoti a 10 rotazioni: $\geq 10$
N2 (*)		% Vuoti a 100 rotazioni: 5 ÷ 8 (*)
N3		% Vuoti a 180 rotazioni: $\geq 2$

\* Dg = Densità giratoria di progetto

\*\* Miscela SMA contenenti un quantitativo in peso  $\geq 70\%$  di scorie di acciaieria ottenute da fornace ad arco elettrico (*Electric Arc Furnace EAF*)

##### 4.3.2.2. RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA E SENSIBILITA' ALL'ACQUA

I provini derivanti dalla miscela ottimale compattati mediante pressa giratoria (livello di compattazione N2) devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta alla temperatura di 25 °C (UNI EN 12697-23).

La sensibilità all'acqua è misurata mediante il parametro ITSR determinato secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 12697-12.

I requisiti richiesti per miscele con bitume normale sono riassunti in Tabella 4.4, mentre i requisiti per miscele con bitume Hard sono riassunti in Tabella 4.5.

Tabella 4.4

ITS (MPa)	CTI (MPa)	ITSR (%)
0.75 – 1.60*	≥ 70	≥ 80

Tabella 4.5

ITS(MPa)	CTI (MPa)	ITSR (%)
0.95 – 1.90*	≥ 80	≥ 90

(\*) In fase di controllo delle prestazioni, qualora i provini vengano confezionati previo riscaldamento del campione di conglomerato, i valori di soglia massimi ITS vanno aumentati del 10%, per tenere in considerazione dell'aumento di rigidità determinato dal secondo riscaldamento.

#### 4.3.2.3. MODULO DI RIGIDEZZA

I conglomerati bituminosi Hard per strati di base e di collegamento devono essere sottoposti ad un controllo prestazionale per la determinazione del Modulo di Rigidezza “E” alla temperatura di 20 °C (UNI EN 12697-26, Appendice C).

A tale proposito le prove sono eseguite in configurazione di trazione indiretta (IT-CY), applicando una deformazione orizzontale imposta pari a  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$  su provini compattati mediante pressa giratoria (livello di compattazione N2).

I requisiti richiesti per il Modulo di Rigidezza “E” alla temperatura di 20 °C (UNI EN 12697-26, Appendice C) di miscele confezionate con bitume Hard devono rientrare negli intervalli indicati in Tabella 4.6.

Tabella 4.6

Miscela	$E_{\text{min}}$ (20 °C)	$E_{\text{max}}$ (20 °C)
Base Hard	≥ 7000 MPa	≤ 14000 MPa
Collegamento Hard	≥ 5500 MPa	≤ 11000 MPa

## 4.4. CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

I conglomerati bituminosi si compongono di una miscela di graniglia frantumata costituita da differenti classi di aggregati lapidei naturali (vergini e riciclati), aggregati artificiali (scorie siderurgiche, loppe, ecc.), sabbia e additivi, impastati a caldo con bitume.

I cumuli delle diverse classi di aggregati devono essere nettamente separati tra di loro (setti separatori di altezza adeguata o distanza minima di 4 metri misurata alla base di due cumuli contigui), in zone prive di ristagni d'acqua e di sostanze argillose.

La produzione del conglomerato avviene in impianti fissi automatizzati, da mantenere sempre perfettamente funzionanti, che possono avere caratteristiche di funzionamento differenti (es. sistemi di riscaldamento indiretto degli aggregati provenienti da fresature di pavimentazioni ammalorate, alimentazione di tipo continuo Drum Mixer o di tipo discontinuo con sistema a vagliatura, doppio tamburo, ecc.).

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire la perfetta essiccazione e l'uniforme riscaldamento della miscela, al fine di assicurare la rispondenza alle caratteristiche dichiarate. L'impianto deve essere dotato di predosatori, il cui rifornimento deve essere eseguito con la massima cura e in numero corrispondente al numero delle classi di aggregati impiegate per ciascuna miscela.

Inoltre, ogni impianto deve assicurare lo stoccaggio del bitume di tipo hard in serbatoi dedicati e assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta fino al momento della mescolazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che degli eventuali additivi.

In caso di permanenza del bitume in stoccaggio per un tempo superiore a 2 settimane è necessario effettuare una verifica del prodotto prima dell'utilizzo.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione, salvo diverse disposizioni della DL, deve essere compresa all'interno dei seguenti intervalli:

- tra 140 °C e 170 °C per i conglomerati a caldo prodotti con bitume normale;
- tra 150 °C e 180 °C per i conglomerati a caldo prodotti con bitume modificato Hard;
- tra 110 °C e 140 °C per i conglomerati tiepidi.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,5% in peso.

Il tempo di mescolazione della miscela deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati da parte del legante, oltre alla parziale riattivazione del bitume contenuto nel aggregato RA. Per tale ragione, nel caso di produzioni di conglomerati bituminosi tiepidi potrebbero essere necessari tempi di mescolazione più elevati a causa delle minori temperature operative.

Qualora sia richiesto l'uso di attivanti chimici funzionali (ACF), attivanti di adesione e/o additivi chimici per la produzione di miscele tiepide, la loro immissione deve essere realizzata con attrezzature e procedure idonee, tali da garantire il corretto dosaggio ed una uniforme dispersione nel legante.

Le fibre, se previste, vanno inserite con procedure e attrezzature idonee nella camera di miscelazione allo scopo di garantirne la disgregazione, il corretto dosaggio e una dispersione uniforme all'interno della miscela di conglomerato.

## 4.5. POSA IN OPERA

### 4.5.1. PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA

Prima della posa di uno strato di conglomerato bituminoso deve essere eseguita la preparazione della superficie di stesa per garantire una adeguata continuità all'interfaccia tra lo strato inferiore e lo strato di nuova realizzazione.

A tale scopo, in funzione del tipo di strato inferiore sul quale andrà realizzato il nuovo strato di conglomerato bituminoso, si procederà con l'applicazione di una mano di ancoraggio oppure di una mano d'attacco.

Le mani d'ancoraggio vengono applicate al di sopra di strati inferiori privi di bitume (misto granulare, misto cementato) impiegando un'emulsione bituminosa cationica da bitume normale, rispondente ai requisiti tecnici indicati nel paragrafo §2.5, con un dosaggio di bitume residuo compreso tra 0,5 e 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

Le mani d'attacco vengono applicate al di sopra degli strati inferiori legati a bitume (inclusi strati realizzati con miscele riciclate a freddo con emulsione bituminosa o bitume schiumato) impiegando emulsioni bituminose non modificate oppure modificate rispondenti ai requisiti tecnici indicati rispettivamente nei paragrafi §2.5 e §2.6.

A seconda che lo strato di conglomerato bituminoso che si deve realizzare sopra l'interfaccia contenga bitume normale oppure modificato, l'emulsione bituminosa utilizzata come mano d'attacco deve essere rispettivamente non modificata oppure modificata con polimeri, con un dosaggio di bitume residuo pari a:

- 0,25 kg/m<sup>2</sup> strati inferiori di recente esecuzione con superficie non fresata
- 0,50 kg/m<sup>2</sup> strati inferiori esistenti con superficie fresata o strati riciclati a freddo

Ai fini della verifica dei corretti dosaggi di bitume residuo impiegato per le mani di ancoraggio e per le mani d'attacco, ad insindacabile giudizio della DL, possono essere eseguiti controlli

diretti durante l'applicazione eventualmente supportati da una documentazione che l'Impresa è tenuta a fornire per comprovare il quantitativo di materiale effettivamente utilizzato (es. certificati di pesatura delle autocisterne, bolle di consegna).

È prevista l'applicazione di una emulsione bituminosa non modificata oppure modificata con polimeri sulla base del criterio richiamato in precedenza, uniformemente distribuita sui bordi verticali, rispondente ai requisiti tecnici indicati rispettivamente nei paragrafi §2.5 e §2.6, con un dosaggio pari a 0,25 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

Prima dell'applicazione della mano d'attacco, nel caso di superfici fresate, si deve eseguire una pulizia mediante spazzolatura meccanica e/o aspirazione, al fine di rimuovere tutte le impurità presenti.

Per garantire uniformità di distribuzione ed evitare la creazione di zone a maggiore o minore adesione, prima dell'applicazione dell'emulsione bituminosa deve essere verificato il corretto funzionamento della macchina spruzzatrice. È necessario attendere circa un'ora prima della realizzazione dello strato superiore in conglomerato bituminoso a meno di diverse indicazioni da parte della DL.

Non è ammessa l'applicazione di mani d'ancoraggio e mani di attacco quando le condizioni meteorologiche generali possono compromettere la perfetta riuscita del lavoro (temperatura dell'aria inferiore a 5 °C, presenza di pioggia, superficie di stesa bagnata).

La mano d'attacco, dopo essere stata applicata sulla superficie di posa, deve essere sottoposta allo spandimento, con mezzi idonei, di graniglia, sabbia o filler, per proteggere la superficie dal passaggio dei mezzi di cantiere. Eventuali granuli non ancorati alla superficie devono essere rimossi prima della stesa dello strato di conglomerato bituminoso. La superficie così preparata deve essere interdotta alla circolazione dei mezzi, ad eccezione dei veicoli per il trasporto del conglomerato in fase di approvvigionamento delle finitrici.

La verifica prestazionale delle interfacce, strettamente correlata alla corretta applicazione delle mani d'attacco e alla efficace compattazione del nuovo strato, avviene mediante prove di taglio all'interfaccia con apparecchiatura Leutner (Shear Bond Test SBT, UNI EN 12697-48) oppure apparecchiatura ASTRA (Compressed Shear Bond Test CSBT, UNI EN 12697-48), eseguite su carote prelevate dalla pavimentazione finita. I criteri di accettazione dei risultati e di applicazione delle penali sono specificati nel paragrafo 4.6.3.3.

#### 4.5.2. REALIZZAZIONE DELLO STRATO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

La posa in opera del conglomerato bituminoso viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza, dotate di automatismi di auto-livellamento e sistemi vibranti capaci di assicurare un adeguato addensamento iniziale tale da consentire il raggiungimento delle proprietà volumetriche finali dichiarate per la miscela.

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

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di produzione al cantiere di stesa deve avvenire mediante un numero di mezzi idonei sufficiente per alimentare senza interruzioni le macchine finitrici durante le operazioni di posa. I mezzi di trasporto, di adeguata portata, devono essere dotati di teloni di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi della miscela e formazione di crostoni, oltre a proteggere la massa trasportata dalla pioggia. L'impianto di confezionamento del conglomerato deve essere collocato, preferibilmente, entro un raggio di 80 km dalla zona di stesa.

La posa in opera del conglomerato bituminoso deve essere sospesa in concomitanza di condizioni meteorologiche sfavorevoli tali da pregiudicare la perfetta riuscita delle lavorazioni, determinate da una temperatura della superficie di stesa < 10 °C ovvero dalla presenza di un film d'acqua continuo sul piano di posa.

L'impresa deve rimuovere e ricostruire a propria cura e spese gli strati eventualmente compromessi per i motivi richiamati.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'impianto (in fase di confezionamento) deve essere al massimo pari a 180 °C. All'atto della stesa, la temperatura del conglomerato bituminoso, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, deve risultare:

$T_{stesa} \geq 140 \text{ °C}$	per conglomerati bituminosi a caldo normali
$T_{stesa} \geq 150 \text{ °C}$	per conglomerati bituminosi a caldo modificati
$T_{stesa} \geq 110 \text{ °C}$	per conglomerati bituminosi tiepidi normali
$T_{stesa} \geq 120 \text{ °C}$	per conglomerati bituminosi tiepidi modificati

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente, eventualmente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere rivestito mediante spruzzatura di emulsione bituminosa cationica al 55% in peso (v. paragrafo §2.5) per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato, prima dell'applicazione dell'emulsione bituminosa, si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia di circa 1 m di larghezza, normalmente interessate dalle ruote dei veicoli pesanti. Tale sovrapposizione deve ricadere in corrispondenza della segnaletica orizzontale di delimitazione fra le corsie o al più al centro delle corsie stesse.

Nel caso in cui gli interventi prevedano il rifacimento dello strato superficiale di corsie aventi larghezze inferiori alla larghezza delle finitrici normalmente utilizzate (circa 3 m) per i lavori di manutenzione (ad esempio corsia di emergenza di larghezza inferiore a 2,5 m), devono essere utilizzati mezzi di stesa adeguati, di cui l'Impresa deve dotarsi, per garantire che l'ubicazione del giunto longitudinale di stesa rispetti le condizioni prima descritte.

Relativamente a lavori di ricostruzione in fresatura dello strato superficiale, per garantire la massima continuità fra la stesa realizzata e lo strato superficiale esistente è necessario l'impiego di una idonea quantità di mano d'attacco costituita da emulsione bituminosa spruzzata anche sul bordo verticale dello scavo.

La compattazione deve avvenire con rullo metallico da effettuarsi subito a ridosso della stesa dello strato per evitare che il giunto longitudinale possa poi presentarsi aperto e per evitare eventuali irregolarità e/o ondulazioni.

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

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare subito dietro la vibrofinitrice (sul materiale appena steso) e deve essere condotta a termine senza interruzioni con la metodologia più adeguata per ottenere un addensamento uniforme in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

L'addensamento deve essere realizzato mediante l'utilizzo di rulli gommati e/o di rulli con ruote metalliche di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Deve essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 14 t per le operazioni di finitura dei giunti e riprese. Per lo strato di base a discrezione della DL potranno essere utilizzati rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati (gommato e metallico).

Gli strati eventualmente compromessi (che presentano, ad esempio, anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, sgranamenti, fessurazioni, giunti longitudinali o giunti trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati) devono essere rimossi e ricostruiti a



cura e spese dell'Impresa; il verificarsi di tali eventi comporterà comunque l'applicazione di penali come previsto al paragrafo §4.6.3.

Ad insindacabile giudizio della DL, all'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre un campo prova per verificare l'idoneità dei mezzi d'opera e mettere a punto le modalità esecutive atte a raggiungere le caratteristiche finali richieste. La zona del campo prova è scelta dalla DL e deve interessare una superficie non inferiore a 500 m<sup>2</sup>.

Il conglomerato bituminoso utilizzato per un generico strato deve essere steso sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Al termine della compattazione gli strati di base, collegamento e usura devono avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 98% della densità (riferita al livello di compattazione N2 - vedi paragrafo §4.3.2.1) determinata su un campione di miscela compattata in laboratorio ed appartenente alla stessa tipologia, stesso impianto di produzione, lotto/giornata lavorativa dello strato investigato (UNI EN 12697-6).

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente, tollerando uno scostamento di 5 mm.

Inoltre, l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali della pavimentazione finita avviene secondo quanto prescritto nell'Articolo 10.

#### 4.6. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione del singolo strato riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) la miscela sciolta prelevata in sito durante le operazioni di stesa;
- 3) lo strato finito.

Le prove di cui ai punti precedenti sono eseguite suddividendo la produzione in lotti omogenei, le cui dimensioni sono specificate nei successivi paragrafi. In condizioni di lavorazione che la DL ritiene omogenee si possono accorpate fino a due lotti.

La DL può ordinare la formazione di lotti di minori dimensioni rispetto a quelle specificate qualora riscontrasse anomalie o disuniformità durante la produzione.

L'accettazione dello strato finito avviene per lotto.

Nella Tavola Sinottica 4.2, sono riepilogati sinteticamente i controlli e le corrispondenti penali descritte dettagliatamente nei successivi paragrafi riguardanti i materiali costituenti, la miscela sciolta e lo strato finito. In alternativa all'applicazione delle penali, la Committente e/o la DL, si riserva, a suo insindacabile giudizio, la facoltà di rifacimento a cura e a spese dell'Impresa della lavorazione non conforme.

L'applicazione delle penali descritte nei successivi paragrafi non esclude quelle previste in altri articoli delle presenti NTA, in particolare quelle riferite ai controlli prestazionali con apparecchiature ad alto rendimento specificate nell'Articolo 10.

TAVOLA SINOTTICA 4.2

MATERIALI COSTITUENTI	REQUISITI	PARAGRAFO	PENALI
<b>Legante bituminoso</b>	Caratteristiche varie conformi a quanto prescritto	§2.2.1 §2.3 §4.6.1.1	10%
<b>Aggregato grosso, aggregato fino e aggregato filler</b>	Strati di usura, SMA: LA e PSV	§4.2.2 §4.6.1.2	10%
<b>Conglomerato bituminoso di recupero (aggregato RA)</b>	Caratteristiche varie conformi a quanto prescritto	§4.2.3 §4.6.1.2	10%
MISCELA SCIOLTA	REQUISITI	PARAGRAFO	PENALI

<b>Conglomerato bituminoso chiuso per strati di base, collegamento, usura e SMA</b>	Caratteristiche varie conformi a quanto prescritto	§4.3 §4.3.1 §4.3.2.1 §4.3.2.2 §4.6.2	10%
<b>STRATO FINITO</b>	<b>REQUISITI</b>	<b>PARAGRAFO</b>	<b>PENALI</b>
<b>Posa in Opera</b>	Conforme a quanto prescritto	§4.5.2 §4.6.3.1	-
<b>Spessori degli strati</b>	Ricompresi nei limiti prescritti	§4.6.3.2	Variabile
<b>Resistenza a taglio delle interfacce</b>	Ricompresa nei limiti prescritti	§4.5.1 §4.5.2 §4.6.3.3	5%
<b>Densità in sito</b>	Ricompresa nei limiti prescritti	§4.3.2.1 §4.5.2 §4.6.3.4	10%
<b>Modulo di rigidità</b>	Ricompresa nei limiti prescritti	§4.3.2.3 §4.5.2 §4.6.3.5	10%

#### 4.6.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI

##### 4.6.1.1. LEGANTE BITUMINOSO

I controlli sul legante bituminoso impiegato per il confezionamento delle miscele vengono eseguiti prelevando un congruo quantitativo di bitume presso l'impianto di produzione per ogni lotto di conglomerato bituminoso corrispondente alle seguenti quantità:

- ogni 2200 ton di conglomerato bituminoso prodotto, per tutti i singoli interventi la cui produzione è superiore a 2200 ton di conglomerato bituminoso.

Nel caso di interventi che coinvolgono produzioni inferiori, la DL a suo insindacabile giudizio può eseguire prelievi presso gli impianti di produzione applicando gli stessi criteri di seguito richiamati validi per interventi con produzioni superiori a 2200 ton.

Valori difformi rispetto ai limiti prescritti dalle presenti NTA possono dar luogo, a giudizio insindacabile della DL, all'applicazione di penali di seguito richiamate, oltre a quelle derivanti dai controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita specificate all'Articolo 10, o alla demolizione e al rifacimento, a spese dell'Impresa della lavorazione non conforme. Relativamente ai limiti indicati nell'Articolo 2 per i leganti bituminosi, la mancata rispondenza ad almeno una delle seguenti 4 caratteristiche:

- viscosità dinamica a T = 160 °C (procedura interna ASPI);
- penetrazione (UNI EN 1426);
- punto di rammollimento (UNI EN 1427);
- ritorno elastico a T = 25 °C (UNI EN 13398) - solo nel caso di bitumi modificati;

comporta la penalizzazione del 10% dei prezzi di tutti i lotti di conglomerato bituminoso per strati di base, collegamento ed usura, confezionati con la partita di bitume a cui si riferiscono le prove.

Nel caso in cui non si riesca a risalire alla quantità della partita di bitume corrispondente al campione non conforme si considererà una quantità pari a 25 ton di bitume e la tipologia di conglomerato più costosa prodotta dall'impianto nella giornata in cui è stato effettuato il prelievo del campione di bitume.

Sono considerati idonei i leganti bituminosi le cui caratteristiche risultano conformi alle specifiche di cui al paragrafo §2.2.1, nel caso di bitumi normali, e al paragrafo §2.3, nel caso di bitumi modificati, alle quali si applicano le tolleranze di seguito riportate:

- Punto di Rammollimento: variazione di 5 °C rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Penetrazione a 25°C: variazione di 5 dmm rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Viscosità dinamica a 160 °C,  $\gamma=100 \text{ s}^{-1}$ : variazione di 0.1 Pa\*s rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Ritorno elastico a 25 °C, 50 mm/min (solo nel caso di bitumi modificati): variazione di 5 punti percentuali rispetto al limite inferiore e/o superiore.

L'applicazione della penale per il mancato rispetto di almeno uno dei precedenti criteri non esclude quelle previste in altri articoli delle presenti NTA, riferite alle caratteristiche prestazionali della pavimentazione finita misurate con apparecchiature ad alto rendimento specificate nell'Articolo 10.

#### 4.6.1.2. AGGREGATI E AGGREGATO RA

I controlli sugli aggregati e sull'aggregato RA, utilizzati per il confezionamento delle miscele, vengono eseguiti su ogni lotto corrispondente alle seguenti quantità:

- ogni 2200 ton di conglomerato bituminoso prodotto, per tutti i singoli interventi la cui produzione è superiore a 2200 ton di conglomerato bituminoso.

Nel caso di interventi che coinvolgono produzioni inferiori, la DL a suo insindacabile giudizio può eseguire prelievi presso gli impianti di produzione applicando gli stessi criteri di seguito richiamati validi per interventi con produzioni superiori a 2200 ton.

L'accettazione degli aggregati e dell'aggregato RA, ove previsto, deve essere verificata su campioni prelevati presso l'impianto di produzione ed è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati rispettivamente nel paragrafo §4.2.2 e nel paragrafo §4.2.3.

Per quanto concerne la frazione grossa degli aggregati per strati di usura e SMA, la mancata rispondenza ad almeno una delle seguenti caratteristiche:

- resistenza alla frammentazione       $LA \leq 18\%$  in peso;
- valore di levigabilità                       $PSV \geq 42$

comporta la sospensione delle lavorazioni per consentirne la risoluzione. La DL può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

Relativamente alle prescrizioni riguardanti l'aggregato RA, la mancata rispondenza ad almeno una delle seguenti caratteristiche:

- requisiti dimensionali e granulometrici di ciascuna frazione di aggregato RA;
- provenienza dalla demolizione di pavimentazioni della rete ASPI, in particolare da strati di usura nel caso di confezionamento di miscele per strati di usura, SMA;

comporta ugualmente la sospensione delle lavorazioni per consentirne la risoluzione. La DL può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

#### 4.6.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA

I controlli sulle miscele sciolte impiegate per strati di base, collegamento e usura (incluse miscele SMA), vengono eseguiti prelevando un congruo quantitativo di conglomerato bituminoso sciolto dalla vibrofinitrice durante la stesa per ogni lotto corrispondente alle seguenti quantità:

- in media ogni 2000 ton di conglomerato bituminoso steso, fatta salva la possibilità di prelievi più frequenti a discrezione della DL.

Nel caso in cui la stessa miscela prodotta giornalmente sia destinata a cantieri diversi, l'esito del controllo eseguito in uno dei cantieri sarà applicato all'intera produzione giornaliera.

I controlli eseguiti sulla miscela sciolta devono riguardare:

- la distribuzione granulometrica degli aggregati;
- il contenuto di bitume;
- le proprietà volumetriche su provini addensati in laboratorio;
- le proprietà meccaniche su provini addensati in laboratorio.

Relativamente alla distribuzione granulometrica delle miscele di conglomerato (UNI EN 12697-1, UNI EN 12697-39, UNI EN 933-1), confezionate con e senza aggregato RA, sono ammessi valori delle singole percentuali dell'aggregato rispetto alle curve di progetto pari a:

- $X \pm 5$  punti percentuali  
(dove  $X$  = valore percentuale corrispondente al passante al singolo setaccio di dimensioni maggiori o uguali a 2 mm)
- $Y \pm 3$  punti percentuali  
(dove  $Y$  = valore percentuale corrispondente al passante al singolo setaccio di dimensioni minori di 2 mm e maggiori di 0,063 mm)
- $Z \pm 2$  punti percentuali  
(dove  $Z$  = valore percentuale corrispondente al passante al setaccio di dimensioni pari a 0,063 mm)

Violazioni dei limiti richiamati possono dar luogo, nel caso in cui l'anomalia si verifichi per almeno 3 setacci, in presenza anche di altri parametri fuori norma, all'applicazione di penali, a giudizio insindacabile della DL.

Per quanto riguarda la verifica in laboratorio del contenuto di bitume delle miscele (UNI EN 12697-1, UNI EN 12697-39), i valori limite ammessi devono rientrare nel seguente intervallo:

- percentuale di progetto  $\pm 0,3$  punti percentuali.

Per quanto riguarda la verifica delle proprietà volumetriche, è prevista la determinazione della percentuale dei vuoti per ciascuno dei 2 livelli di compattazione N1 e N2, esprimendo i risultati come media dei valori ottenuti su ciascun provino.

Nel caso in cui si riscontri una anomalia della percentuale di vuoti media corrispondente al livello di compattazione N2, possono essere applicate delle penali a giudizio insindacabile della DL di seguito specificate.

Relativamente alla verifica delle proprietà meccaniche, è prevista la determinazione dei parametri ITS, CTI, ITSR, esprimendo i risultati come media dei valori ottenuti su ciascun provino. La mancata rispondenza dei requisiti meccanici ITS, CTI, ITSR (vedi paragrafo §4.3.2.2) può determinare a giudizio insindacabile della DL l'applicazione di penali di seguito specificate. Nel caso di una o più violazioni riferite ai requisiti granulometrici, al contenuto di bitume, alle proprietà volumetriche (% di vuoti) e meccaniche (ITS, CTI, ITSR), ad insindacabile giudizio della DL, è prevista l'applicazione di una penale pari al 10% del valore del lotto interessato dal controllo.

In ogni caso, valori difforni rispetto ai limiti prescritti nelle presenti NTA possono dar luogo, a giudizio insindacabile della DL, in alternativa all'applicazione delle penali previste, alla demolizione e al rifacimento a cura e spese dell'Impresa della lavorazione non conforme.

### 4.6.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO

#### 4.6.3.1. POSA IN OPERA DELLA MISCELA

Come specificato nel paragrafo §4.5.2, la posa in opera di strati compromessi (es. anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati) comporta, a discrezione della DL, la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Per strato compromesso si intende una lavorazione che presenti: anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o giunti trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati o qualsiasi difformità rispetto ad una lavorazione che possa definirsi "a regola d'arte".

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente, tollerando uno scostamento di 5 mm. Inoltre, l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali della pavimentazione finita avviene secondo quanto prescritto nell'Articolo 10.

#### 4.6.3.2. SPESSORI

Lo spessore dello strato da controllare deve corrispondere allo spessore medio di progetto ordinato dalla DL; esso viene verificato su carote prelevate in contraddittorio, il cui spessore è misurato secondo la norma UNI EN 12697-36.

Le carotatrici utilizzate per il prelievo dovranno consentire l'estrazione della carota attraverso un sistema mediante il quale sia possibile estrarre la carota spingendo il campione fuori dalla corona senza danneggiarlo. Deve essere assolutamente evitata l'estrazione della carota mediante "battitura" sulle pareti laterali della corona che potrebbe arrecare un danno alle interfacce tra gli strati impedendone la corretta "valutazione" e misurazione.

Al fine di ottenere un numero di misurazioni sufficientemente rappresentative dello spessore dello/gli strato/i in esame devono essere prelevate almeno 4 carote distribuite lungo un tratto elementare di lunghezza pari a 500 m (o pari alla lunghezza dell'intervento investigato se inferiore). Di norma si deve evitare di prelevare carote in prossimità dei bordi dell'intervento e/o dei giunti di lavorazione. In caso di notevole varianza e/o discordanza dei risultati delle misure dallo spessore ordinato, si procede ad un approfondimento delle verifiche, eseguendo il prelievo di ulteriori carote.

Lo spessore medio è calcolato eseguendo la media aritmetica degli spessori dello strato considerato, misurati per ciascuna carota prelevata. Nel caso di pacchetti di risanamento composti da più strati (base + binder + usura) è verificato lo spessore complessivo dello strato risultante, con esclusione dello strato di usura superficiale che è valutato a parte.

Sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto allo spessore ordinato:

- 5% per gli strati di base o base + binder
- 7% per gli strati di binder ed usura

Qualsiasi insufficienza nello spessore di uno strato superiore alla tolleranza prevista, è penalizzata applicando una detrazione pari al valore dello strato considerato moltiplicato per la percentuale pari al triplo dei punti percentuali di cui lo spessore differisce per difetto da quanto ordinato, dedotta la relativa tolleranza percentuale sopra indicata (esempio: ammettendo una tolleranza del 7%, qualora la differenza di spessore risulti in difetto del 10%, la penale è pari a:  $(10\% - 7\%) \times 3 = 9\%$  del valore dello strato interessato dal controllo).

La penale è applicata alla superficie ispezionata dai carotaggi (larghezza delle corsie dell'intervento investigato per lunghezza investigata fra prima ed ultima carota di ogni tratto elementare).

Nel caso in cui la differenza con il valore di progetto superi il 25%, esclusa la tolleranza, il lavoro non è ritenuto accettabile e la DL, anche tenendo conto dell'estensione e della distribuzione delle tratte carenti, può richiederne il rifacimento a completa cura e spese dell'Impresa.

#### 4.6.3.3. RESISTENZA A TAGLIO DELLE INTERFACCE

I controlli relativi alla resistenza a taglio delle interfacce vengono eseguiti sulle stesse carote utilizzate per il controllo degli spessori (almeno 4 carote distribuite lungo un tratto elementare di lunghezza pari a 500 m oppure pari alla lunghezza dell'intervento investigato se inferiore).

La verifica della resistenza a taglio all'interfaccia tra il nuovo strato e quello immediatamente sottostante viene eseguita su carote bistrato prelevate in sito mediante prove di laboratorio Leutner (Shear Bond Test SBT, UNI EN 12697-48) oppure ASTRA (Compressed Shear Bond Test CSBT, UNI EN 12697-48).

La prova Leutner viene eseguita su provini cilindrici bistrato (diametro nominale pari a 100 mm oppure 150 mm e spessore minimo di ciascuno strato pari a 30 mm) ad una velocità di 50,8 mm/min, senza l'applicazione di sforzo normale e ad una temperatura di riferimento pari a 20 °C.

La prova ASTRA viene eseguita su provini cilindrici bistrato (diametro nominale pari a 100 mm e spessore minimo di ciascuno strato pari a 30 mm) ad una velocità di 2,5 mm/min, prevedendo l'applicazione di uno sforzo normale pari a 0,2 MPa e ad una temperatura di riferimento pari a 20 °C.

Differenti valori minimi di resistenza a taglio all'interfaccia devono essere considerati in base alla profondità dell'interfaccia stessa. In particolare, valori superiori sono richiesti per interfacce poste tra la superficie e una profondità di 75 mm, mentre valori inferiori possono essere accettati per interfacce che si trovano ad una profondità maggiore di 75 mm rispetto alla superficie della pavimentazione. I valori minimi di accettazione della resistenza a taglio all'interfaccia ottenuti su carote di diametro nominale pari a 100 mm, differenziati per tipologia di prova eseguita (Leutner oppure ASTRA) sono riportati in Tabella 4.7.

Tabella 4.7

<i>Profondità interfaccia</i>	Leutner (SBT, UNI EN 12697-48) 20 °C – 50 mm/min	ASTRA (CSBT, UNI EN 12697-48) 20 °C – 2,5 mm/min – 0,2 MPa
≤ 75 mm	≥ 0,85 MPa	≥ 0,60 MPa
> 75 mm	≥ 0,50 MPa	≥ 0,40 MPa

Per valori medi della resistenza al taglio inferiori a quelli indicati in Tabella 4.7 viene applicata al prezzo di elenco dello strato superiore all'interfaccia una penale pari al 5%.

Ad insindacabile giudizio della DL, valori di resistenza a taglio all'interfaccia ritenuti eccessivamente bassi rispetto al limite minimo indicato in Tabella 4.7 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a cura e spese dell'Impresa.

La penale è applicata alla superficie ispezionata dai carotaggi (larghezza delle corsie dell'intervento investigato per lunghezza investigata fra prima ed ultima carota di ogni tratto elementare).

#### 4.6.3.4. DENSITÀ IN SITO

I controlli relativi alla densità in sito vengono eseguiti sulle stesse carote utilizzate per il controllo degli spessori (almeno 4 carote distribuite lungo un tratto elementare di lunghezza pari a 500 m oppure pari alla lunghezza dell'intervento investigato se inferiore) e della resistenza al taglio delle interfacce.

La densità in sito, ottenuta come media dei valori misurati sulle singole carote, deve essere non inferiore al 98% della densità (riferita al livello di compattazione N2 - vedi paragrafo §4.3.2.1) determinata su un campione di miscela compattata in laboratorio ed appartenente alla stessa tipologia, stesso impianto di produzione, lotto/giornata lavorativa dello strato investigato (UNI EN 12697-6).

Qualora non si disponga dei campioni di miscela di raffronto, la verifica della rispondenza della densità in sito sarà eseguita in riferimento alla densità girettoria di progetto (N2) riportata sul mix design di progetto.

Per valori inferiori al 98% della densità di progetto, è prevista l'applicazione di una penale pari al 10% del prezzo dello strato interessato dal controllo (larghezza delle corsie dell'intervento investigato per lunghezza investigata fra prima ed ultima carota di ogni tratto elementare).

Ad insindacabile giudizio della DL, valori eccessivamente bassi della densità in sito rispetto alla densità di progetto (riferita al livello di compattazione N2 - vedi paragrafo §4.3.2.1) comportano la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a cura e spese dell'Impresa.

#### 4.6.3.5. MODULO DI RIGIDEZZA

I controlli relativi al modulo di rigidezza vengono eseguiti sulle stesse carote utilizzate per il controllo degli spessori (almeno 4 carote distribuite lungo un tratto elementare di lunghezza pari a 500 m oppure pari alla lunghezza dell'intervento investigato se inferiore), della resistenza al taglio delle interfacce e della densità in sito.

A tale proposito, unicamente per i conglomerati bituminosi Hard (confezionati sia a caldo che con tecnologia tiepida) per strati di base e di collegamento, è prevista la determinazione del Modulo di Rigidezza "E" alla temperatura di 20 °C (UNI EN 12697-26, Appendice C).

Le prove devono essere eseguite in configurazione di trazione indiretta (IT-CY), applicando una deformazione orizzontale imposta pari a  $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$  su carote prelevate in sito opportunamente rettificata in laboratorio.

I requisiti richiesti per il Modulo di Rigidezza "E" alla temperatura di 20 °C (UNI EN 12697-26, Appendice C) di miscele confezionate con bitume Hard devono rientrare negli intervalli indicati in Tabella 4.6 (paragrafo §4.3.2.3).

Per valori medi del Modulo di Rigidezza "E" esterni agli intervalli indicati in Tabella 4.6 (paragrafo §4.3.2.3) viene applicata al prezzo di elenco dello strato interessato dal controllo una penale pari al 10%. La penale è applicata alla superficie ispezionata dai carotaggi (larghezza delle corsie dell'intervento investigato per lunghezza investigata fra prima ed ultima carota di ogni tratto elementare).

Ad insindacabile giudizio della DL, valori eccessivamente bassi del Modulo di Rigidezza "E" rispetto ai requisiti minimi specificati in Tabella 4.6 (paragrafo §4.3.2.3) comportano la rimozione dello strato interessato e di quelli sovrastanti, nonché la successiva ricostruzione a cura e spese dell'Impresa.

### 4.7. CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA

In aggiunta ai controlli in corso d'opera illustrati al paragrafo §4.6, è prevista l'esecuzione di controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita che possono dare luogo a penali aggiuntive secondo quanto prescritto all'Articolo 10.

## 5. CONGLOMERATI BITUMINOSI AD ELEVATO TENORE DI VUOTI

I conglomerati bituminosi ad elevato tenore di vuoti sono miscele costituite da aggregati, legante bituminoso, additivi ed eventuale conglomerato bituminoso di recupero (aggregato RA).

Tali miscele, denominate anche conglomerati di usura drenanti (CD), risultano caratterizzate da una elevata percentuale di vuoti intercomunicanti che assicurano il deflusso facilitato alle acque piovane, migliorando la visibilità e riducendo il rischio di aquaplaning durante la guida in presenza di precipitazioni atmosferiche. Le diverse tipologie di conglomerati bituminosi drenanti sono riepilogate nella Tavola Sinottica 5.1.

Il conglomerato bituminoso ed i materiali costituenti devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione.

Prima di ogni fornitura l'Impresa è tenuta a produrre la Dichiarazione di Prestazione (DoP) e la marcatura CE attestante la conformità delle miscele all'allegato ZA delle norme europee armonizzate di riferimento (UNI EN 13108-7).

Tali norme, valide per miscele confezionate a caldo con bitumi modificati (i.e. temperatura di miscelazione maggiore di 150 °C), sono applicabili anche a miscele confezionate con tecnologia tiepida (i.e. temperatura di miscelazione compresa tra 120 °C e 140 °C) mediante specifici additivi, purché vengano garantite le stesse prestazioni richieste per le corrispondenti miscele confezionate a caldo.

TAVOLA SINOTTICA 5.1

Miscele	Aggregati RA (% di impiego nella miscela)	Tipologia Mono strato	Spessori (cm)	Drenabilità	
				Alta	Bassa
Usura Drenante (CBD)	≤ 15	X	4	X	
Usura Drenante strutturale (CBDS)	≤ 15	X	4	X	
Ipodrenante (IPD)	≤ 15	X	4		X

### 5.1. PRESCRIZIONI GENERALI

Vedi paragrafo §4.1.

### 5.2. PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVE AI MATERIALI COSTITUENTI

#### 5.2.1. BITUME

Si possono utilizzare solo ed unicamente i bitumi che risultano qualificati dal Centro rilevamento Dati e Prove materiali della Committente (v. Articolo 2).

Per tutte le specifiche si richiamano espressamente le norme di cui all'Articolo 2, con particolare riferimento al paragrafo §2.3.

#### 5.2.2. AGGREGATI

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE attestante la conformità alla norma europea armonizzata di riferimento UNI EN 13043 (allegato ZA) e al D.M. 16/11/2009.



I cumuli delle diverse classi di aggregati devono essere nettamente separati tra di loro, identificati con cartelli ben visibili, in zone prive di ristagni di acqua e di sostanze argillose. La miscela degli aggregati da impiegarsi nella produzione dei conglomerati bituminosi è costituita dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e dell'aggregato filler. È consentito l'impiego di aggregati ottenuti dalla lavorazione di aggregati lapidei di diversa provenienza o natura petrografica, aggregati artificiali e di conglomerato bituminoso di recupero (aggregato RA), purché alle prove di seguito elencate, eseguite su campioni rappresentativi della miscela che si intende produrre, soddisfino i requisiti tecnici richiesti. La percentuale di impiego di aggregato grosso di natura basaltica non dovrà essere inferiore al 35% in peso sul totale della miscela. La committente si riserva, a suo insindacabile giudizio e con il supporto della struttura PLB, la facoltà di valutare miscele con percentuali di aggregati di tipo basaltico inferiori a tale valore.

L'aggregato filler può provenire dalla frazione fine delle altre classi di aggregato (filler di recupero) o può essere aggiunto quale componente supplementare nella produzione dei conglomerati bituminosi (filler di additivazione).

Di seguito sono elencate nel dettaglio tutte le specifiche riguardanti i requisiti richiesti per l'aggregato grosso, l'aggregato fine e l'aggregato filler.

– PERCENTUALE DI PARTICELLE FRANTUMATE NELLA MISCELA DI AGGREGATI (UNI EN 933-5 –  $D \geq 4$  mm)

Per tutte le miscele: 100% di inerte frantumato (\*)

(\*) Per aggregato frantumato si intende un aggregato che non abbia nessuna faccia arrotondata.

– RESISTENZA ALLA FRAMMENTAZIONE

Per ciascuna componente di aggregato grosso di diversa origine e provenienza, la resistenza alla frammentazione determinata mediante la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) deve essere:

Aggregati naturali:  $LA \leq 18\%$  in peso (\*)

(\*) la DL si riserva, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, la facoltà di accettare aggregati che non rispettino il valore LA sopra indicato ma garantiscano caratteristiche prestazionali ritenute adeguate per la miscela.

– SENSIBILITÀ AL GELO

La resistenza al gelo e disgelo, eseguita sulle singole pezzature di aggregato grosso (UNI EN1367-1) deve essere:

Aggregati naturali:  $\leq 1\%$  (\*)

(\*) la DL si riserva, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, la facoltà di accettare aggregati che non rispettino il valore sopra indicato ma garantiscano caratteristiche prestazionali ritenute adeguate per la miscela.

– VALORE DI LEVIGABILITÀ

Per ciascuna componente di aggregato grosso di diversa origine e provenienza, il valore di levigabilità PSV (UNI EN 1097-8), misurato su un campione rappresentativo di aggregato grosso, deve essere:

PSV:  $\geq 42$  (\*)

(\*) la DL si riserva, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, la facoltà di accettare aggregati che non rispettino il valore PSV sopra indicato ma garantiscano caratteristiche prestazionali ritenute adeguate per la miscela.

– ASSORBIMENTO DI ACQUA

L'assorbimento in acqua  $WA_{24}$  (UNI EN 1097-6) eseguito sulle singole pezzature deve risultare:

Aggregati naturali:  $\leq 1,5\%$  (\*)

(\*) la DL si riserva, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, la facoltà di accettare aggregati che non rispettino il valore  $WA_{24}$  sopra indicato ma garantiscano caratteristiche prestazionali ritenute adeguate per la miscela.

– INDICE DI FORMA E APPIATTIMENTO

Gli indici di forma SI (UNI EN 933-4) e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) devono risultare rispettivamente:

SI:  $\leq 15\%$                       FI:  $\leq 15\%$

– EQUIVALENTE IN SABBIA

L'equivalente in sabbia SE (UNI EN 933-8) determinato sulle singole pezzature di aggregato fine deve risultare:

SE:  $\geq 70\%$

– AFFINITA' TRA AGGREGATO E BITUME

Per lo strato di usura lo spogliamento in acqua (con eventuali attivanti di adesione) deve essere 0% (UNI EN 12697-11). In casi particolari, cioè in presenza di aggregati ad elevata acidità, la DL in accordo con la struttura PLB si riserva di richiedere sistemi di indagine più approfonditi.

– AGGREGATO FILLER

L'aggregato filler proveniente dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti, rocce sintetiche o artificiali, deve avere una granulometria (UNI EN 933-10) tale da soddisfare i seguenti requisiti:

Setaccio UNI 2 - Passante in peso 100%

Setaccio UNI 0,125 - Passante in peso compreso 85÷100 %

Setaccio UNI 0,063 - Passante in peso compreso 70÷100 %

Della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio 0,063 mm più del 50% deve passare allo stesso setaccio anche a secco. Lo stiffening power (UNI EN 13179-1) deve fornire un valore  $\Delta_{R\&B}$  compreso tra 8 °C e 25 °C.

L'indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS17892-12) deve risultare non plastico (NP).

### 5.2.3. CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO (Aggregato RA)

Ogni fornitura di aggregato RA deve essere accompagnata da una documentazione che ne attesti le caratteristiche secondo quanto previsto dalla norma europea di riferimento UNI EN 13108-8.

Previa approvazione della Committente ed in accordo con la DL, può essere impiegato RA proveniente unicamente da strati di usura drenanti preesistenti sulla rete ASPI. Allo scopo di evitare il rischio di contaminazione con materiali provenienti da strati inferiori, la fresatura per l'ottenimento dell'aggregato RA da reimpiegare deve avvenire in maniera controllata ed interessare uno spessore di almeno 0,5 cm inferiore rispetto allo spessore dello strato di drenante da rimuovere.

L'Impresa, prima dell'inizio delle lavorazioni dovrà presentare una relazione con dettagliata descrizione di tutto il ciclo produttivo ed autorizzativo organizzato per la fabbricazione del conglomerato di recupero idoneo all'inserimento nei conglomerati bituminosi drenanti.

Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di aggregato RA riferite al totale della miscela degli aggregati, devono essere comprese nei limiti riportati nella Tavola Sinottica 5.1.

Preventivamente l'aggregato RA deve essere lavorato meccanicamente mediante frantumazione e granulazione e, successivamente, vagliato per la suddivisione in due frazioni (frazione fina e frazione grossa).

Ciascuna frazione di aggregato RA (designata granulometricamente dalla sigla U RA d/D (in cui U esprime la dimensione minima in mm del setaccio attraverso cui passa il 100% dei granuli di aggregato RA, d/D è riferito alla classe granulometrica dell'aggregato lapideo contenuto nell'aggregato RA) deve essere caratterizzata in conformità alla norma UNI EN 13108-8 in termini di granulometria, tipo e contenuto di legante bituminoso, oltre alle caratteristiche in termini di penetrazione media (UNI EN 1426) e punto di rammollimento (UNI EN 1427).

Unicamente la frazione grossa 20 RA 0/14 mm (contraddistinta da una spiccata presenza di aggregato grosso tradotta da una percentuale di trattenuto al setaccio 6,3 mm  $\geq$  85%) può essere impiegata per il confezionamento del drenante con aggregato RA in percentuale non superiore al 15% ed il materiale vagliato pronto all'uso deve essere stoccato in cumuli delimitati e ben identificati. Tutto l'aggregato RA utilizzato per conglomerati drenanti, prima dell'impiego, deve essere vagliato al setaccio 20 mm.

La DL, a suo insindacabile giudizio e in accordo con la struttura PLB, può approvare l'impiego di percentuali di RA maggiori del 15%.

La zona destinata allo stoccaggio dell'aggregato RA granulato e vagliato si raccomanda che sia riparata dall'acqua piovana mediante specifiche coperture (in caso di utilizzi di RA in percentuali maggiori del 15%, preventivamente autorizzati dalla DL, è obbligatorio prevedere la protezione del materiale o altra soluzione tecnica che garantisca il rispetto dei requisiti richiesti in ordine al tenore di umidità all'atto dell'inserimento nella camera di miscelazione con gli inerti) e preventivamente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia del materiale. L'umidità dell'aggregato RA prima di essere introdotto nell'impianto di produzione deve essere:

umidità aggregato RA  $\leq$  4% per miscele drenanti a caldo con % di aggregato RA  $\leq$  15%

umidità aggregato RA  $\leq$  3% per miscele drenanti tiepide con % di aggregato RA  $\leq$  15%

Per valori di umidità superiori a quelli richiamati l'impiego dell'aggregato RA deve essere sospeso. Inoltre, i cumuli di RA per conglomerato bituminoso drenante devono essere nettamente separati da quelli destinati ad altre miscele in modo da consentire che le attività connesse al rifornimento nei predosatori avvenga con la massima cura.

Il bitume finale deve essere costituito da quello vergine di aggiunta e da quello proveniente dall'aggregato RA eventualmente additivato con ACF (v. paragrafo §2.8).

I requisiti richiesti agli aggregati dalle prescrizioni progettuali (v. paragrafo §5.2.2) valgono anche per miscele che prevedono l'utilizzo di aggregato RA.

La mancata osservazione delle prescrizioni fornite dalla DL comporta il divieto di utilizzare materiale di riciclo.

#### 5.2.4. ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI E ATTIVANTI DI ADESIONE

Vedi paragrafo §2.7 e paragrafo §2.8.

### 5.2.5. ADDITIVI CHIMICI PER LA PRODUZIONE DI CONGLOMERATI TIEPIDI

Vedi paragrafo §2.9.

### 5.2.6. FIBRE

Vedi paragrafo §2.10.

## 5.3. PRESCRIZIONI PROGETTUALI RELATIVE ALLE MISCELE

Le miscele devono avere una composizione granulometrica compresa nei fusi riportati in Tabella 5.1 e una percentuale di bitume, riferita al peso totale degli aggregati, ricadente all'interno degli intervalli indicati nel paragrafo §5.3.1 per i diversi tipi di conglomerato.

Per la definizione del mix design della miscela si deve fare uso di almeno 3 classi di aggregati, oltre all'eventuale presenza di aggregato RA.

Per consentire il controllo in fase di esecuzione del rispetto dei passanti in volume, il progetto della miscela dovrà evidenziare, per ogni setaccio, sia la percentuale in volume che quella in peso.

Tabella 5.1

Setacci* [mm]	Passante in volume [%]		
	DRENANTE	DRENANTE STRUTTURALE	IPODRENANTE
20	100-100	100-100	100-100
14	90-100	85-94	90-100
10	37-60	38-53	52-65
6.3	5-19	13-26	26-38
4			23-33
2	4-10	8-18	18-26
0.5	4-8	6-12	12-18
0.25	4-8	6-10	10-15
0.063	4-8	4-8	6-10
Spessore (cm)	4-5	4-5	4-5

\* serie setacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 (UNI EN 13043)

### 5.3.1. CONTENUTO DI BITUME

La percentuale di bitume totale riferita al peso degli aggregati (\*), del tipo descritto nel paragrafo §2.3, deve essere compresa negli intervalli riportati in Tabella 5.2:

Tabella 5.2

Tipo di miscela	Tipo di legante di aggiunta	Percentuale di bitume totale		
		Miscela a caldo 100% aggregati	Miscela a caldo con 15% aggregato RA (**)	Miscela tiepida con 15% aggregato RA (**)
Drenante Drenante strutturale Ipodrenante	Bitume B v. par. §2.3	5,0% - 6,0%	5,2% - 6,2%	5,3% - 6,3%

(\*) Se è previsto l'utilizzo di aggregati artificiali caratterizzati da una massa volumica diversa da 2650 kg/m<sup>3</sup>, le percentuali di bitume sopra riportate devono essere moltiplicate per il fattore  $\alpha = 2650/\rho$ , dove  $\rho$  esprime la massa volumica della miscela di aggregati.

(\*\*) I valori della percentuale di bitume totale devono essere ulteriormente incrementati, ad insindacabile giudizio della DL e in accordo con la struttura PLB, qualora venissero autorizzate percentuali di aggregato RA superiori al 15%.

Nel caso di impiego di aggregati particolarmente porosi la percentuale massima di bitume può essere elevata di 0,5% in peso.

Il valore della percentuale di bitume indicato nella miscela di progetto approvata è comunque quello da prendere a riferimento per i controlli.

### 5.3.2. FIBRE

Mediante idonee apparecchiature la miscela deve essere additivata con fibre di natura minerale (vetro) o miste (vetro + agglomerante) in percentuale compresa tra 0,3% e 0,5% in peso di fibra riferito agli aggregati. Le fibre saranno del tipo approvato dalla DL in conformità a quanto prescritto al paragrafo §2.10.

### 5.3.3. PROVE VOLUMETRICHE E MECCANICHE – REQUISITI DI IDONEITA'

La miscela di progetto deve essere analizzata mediante pressa giratoria (ASTM D6925) adottando i seguenti parametri di prova:

Angolo di rotazione:	1.25°
Velocità di rotazione:	30 rotazioni al minuto
Pressione verticale:	600 kPa
Diametro della fustella (*):	100 mm

#### 5.3.3.1. VUOTI D'ARIA

I provini compattati mediante pressa giratoria devono rispettare le specifiche tecniche riportate in Tabella 5.3 in termini di contenuto dei vuoti d'aria residui (UNI EN 12697-8) in funzione del livello di compattazione.

Tabella 5.3

Livello di compattazione	DRENANTE	DRENANTE STRUTTURALE	IPODRENANTE
N1	% Vuoti a 10 rotazioni $\geq$ 28	% Vuoti a 10 rotazioni $\geq$ 25	% Vuoti a 10 rotazioni $\geq$ 20
N2 (*)	% Vuoti a 50 rotazioni $\geq$ 23	% Vuoti a 50 rotazioni $\geq$ 20	18 $\geq$ % Vuoti a 50 rotazioni $\geq$ 15
N3	% Vuoti a 130 rotazioni $\geq$ 20	% Vuoti a 130 rotazioni $\geq$ 16	% Vuoti a 130 rotazioni $\geq$ 10

(\*) Dg = Densità giratoria di progetto (da impiegare per il calcolo del grado di addensamento della pavimentazione in opera)

#### 5.3.3.2. RESISTENZA A TRAZIONE INDIRETTA E SENSIBILITA' ALL'ACQUA

I provini derivanti dalla miscela ottimale compattati mediante pressa giratoria (livello di compattazione N2) devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta alla temperatura di 25 °C (UNI EN 12697-23).

La sensibilità all'acqua è misurata mediante il parametro ITSR determinato secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 12697-12.

I requisiti di idoneità richiesti dalla prova sono riportati in Tabella 5.4.

Tabella 5.4

Miscele	ITS (MPa)	CTI (MPa)	ITSR (%)
Drenante	$\geq$ 0.38	$>$ 20	$>$ 90
Drenante strutturale	$\geq$ 0.40	$>$ 22	$>$ 90
Ipodrenante	$\geq$ 0.50	$>$ 25	$>$ 90

### 5.3.3.3. RESISTENZA ALL'ABRASIONE

I provini cilindrici (D = 100 mm) di conglomerato bituminoso drenante destinati alla prova di resistenza all'abrasione devono essere compattati mediante compattatore Marshall applicando 50 colpi per faccia, secondo quanto prescritto dalla norma di riferimento UNI EN 12697-17.

Il singolo provino (condizionato alla temperatura di 25 °C) è sottoposto ad una prova con apparecchiatura Los Angeles senza sfere in acciaio, considerando una velocità di rotazione di 33 giri/minuto, per un totale di 300 giri (UNI EN 12697-17).

Al termine della prova la resistenza all'abrasione del conglomerato bituminoso drenante è associata alla perdita di peso (Particle Loss, PL), calcolata come media di 5 provini, che deve risultare

$$PL: \leq 20\%$$

## 5.4. CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

I conglomerati bituminosi drenanti si compongono di una miscela di graniglia frantumata costituita da differenti classi di aggregati lapidei naturali (vergini e riciclati), aggregati artificiali (scorie siderurgiche, loppe, ecc.), sabbia e additivi, impastati a caldo con bitume tipo "Hard".

I cumuli delle diverse classi di aggregati devono essere nettamente separati tra di loro (distanza minima di 4 metri misurata alla base di due cumuli contigui), e stoccati in zone prive di ristagni d'acqua e di sostanze argillose.

La produzione del conglomerato avviene in impianti fissi automatizzati, da mantenere sempre perfettamente funzionanti, che possono avere caratteristiche di funzionamento differenti (es. sistemi di riscaldamento indiretto degli aggregati provenienti da fresature di pavimentazioni ammalorate, alimentazione di tipo continuo Drum Mixer o di tipo discontinuo con sistema a vagliatura, doppio tamburo, ecc.).

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire la perfetta essiccazione e l'uniforme riscaldamento della miscela, al fine di assicurare la rispondenza alle caratteristiche dichiarate. L'impianto deve essere dotato di predosatori, il cui rifornimento deve essere eseguito con la massima cura e in numero corrispondente al numero delle classi di aggregati impiegate per ciascuna singola miscela. Inoltre, ogni impianto deve assicurare lo stoccaggio del bitume di tipo hard in serbatoi dedicati e assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta fino al momento della mescolazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che degli eventuali additivi. In caso di permanenza del bitume in stoccaggio per un tempo superiore a 2 settimane è necessario effettuare una verifica del prodotto prima dell'utilizzo.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione, salvo diverse disposizioni della DL, deve essere compresa all'interno dei seguenti intervalli:

- tra 150 °C e 180 °C per i conglomerati a caldo prodotti con bitume modificato Hard;
- tra 120 °C e 140 °C per i conglomerati tiepidi prodotti con bitume modificato Hard.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,5% in peso.

Il tempo di mescolazione della miscela è stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati da parte del legante, oltre alla parziale riattivazione del bitume contenuto nell'aggregato RA.

Per tale ragione, nel caso di produzioni di conglomerati bituminosi tiepidi potrebbero essere necessari tempi di mescolazione più elevati a causa delle minori temperature operative.

Qualora sia richiesto l'uso di attivanti chimici funzionali (ACF), attivanti di adesione e/o additivi chimici per la produzione di miscele tiepide, la loro immissione deve essere realizzata con attrezzature e procedure idonee, tali da garantire il corretto dosaggio ed una uniforme dispersione nel legante.

Le fibre vanno inserite con procedure e attrezzature idonee nella camera di miscelazione allo scopo di garantirne la disgregazione, il corretto dosaggio e una dispersione uniforme all'interno della miscela di conglomerato.

## 5.5. POSA IN OPERA

### 5.5.1. PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA

Prima della posa di uno strato di conglomerato bituminoso drenante deve essere eseguita la preparazione della superficie di stesa per garantire l'impermeabilizzazione del piano di posa e una adeguata continuità all'interfaccia tra lo strato inferiore e lo strato di nuova realizzazione.

A tale scopo, si deve procedere con l'applicazione di una mano d'attacco al di sopra dello strato inferiore in conglomerato bituminoso eseguendo la spruzzatura a caldo di bitume "Hard" (v. paragrafo §2.3) con un dosaggio variabile tra 0,6 e 2 kg/m<sup>2</sup>.

In condizioni ambientali particolari che non permettono una buona adesione tra il piano di posa e la mano d'attacco (ad esempio elevata umidità ambientale), previa autorizzazione da parte della DL, può essere impiegata in alternativa un'emulsione bituminosa modificata con polimeri (v. paragrafo §2.6) con un dosaggio di bitume residuo variabile tra 0,5 e 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

Ai fini della verifica dei corretti dosaggi di bitume residuo impiegato per le mani di ancoraggio e per le mani d'attacco, ad insindacabile giudizio della DL, possono essere eseguiti controlli diretti durante l'applicazione eventualmente supportati da una documentazione che l'Impresa è tenuta a fornire per comprovare il quantitativo di materiale effettivamente utilizzato (es. certificati di pesatura delle autocisterne, bolle di consegna).

Prima dell'applicazione della mano d'attacco, nel caso di superfici fresate, si deve eseguire una pulizia mediante spazzolatura meccanica e/o aspirazione, al fine di rimuovere tutte le impurità presenti.

Per garantire uniformità di distribuzione ed evitare la creazione di zone a maggiore o minore adesione, prima dell'applicazione della mano d'attacco deve essere verificato il corretto funzionamento della macchina spruzzatrice. Nel caso di impiego di emulsioni bituminose, è necessario attendere circa un'ora prima della realizzazione dello strato superiore in conglomerato bituminoso a meno di diverse indicazioni da parte della DL.

Non è ammessa l'applicazione della mano di attacco quando le condizioni meteorologiche generali possono compromettere la perfetta riuscita del lavoro (temperatura dell'aria inferiore a 5 °C, presenza di pioggia, superficie di stesa bagnata).

La mano d'attacco, dopo essere stata applicata sulla superficie di posa, deve essere sottoposta allo spandimento, con mezzi idonei, di graniglia, sabbia o filler, per proteggere la superficie dal passaggio dei mezzi di cantiere. Eventuali granuli non ancorati alla superficie devono essere rimossi prima della stesa dello strato di conglomerato bituminoso. La superficie così preparata deve essere interdotta alla circolazione dei mezzi, ad eccezione dei veicoli per il trasporto del conglomerato in fase di approvvigionamento delle finitrici.

La verifica prestazionale delle interfacce, strettamente correlata alla corretta applicazione delle mani d'attacco e alla efficace compattazione del nuovo strato, avviene mediante prove di taglio all'interfaccia con apparecchiatura Leutner (Shear Bond Test SBT, UNI EN 12697-

48) oppure apparecchiatura ASTRA (Compressed Shear Bond Test CSBT, UNI EN 12697-48), eseguite su carote prelevate dalla pavimentazione finita. I criteri di accettazione dei risultati e di applicazione delle penali sono specificati nel paragrafo 5.6.3.3.

### 5.5.2. REALIZZAZIONE DELLO STRATO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

La posa in opera del conglomerato bituminoso viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza, dotate di automatismi di auto-livellamento e sistemi vibranti capaci di assicurare un adeguato addensamento iniziale tale da consentire il raggiungimento delle proprietà volumetriche finali dichiarate per la miscela.

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

Il trasporto del conglomerato bituminoso dall'impianto di produzione al cantiere di stesa deve avvenire mediante un numero di mezzi idonei sufficiente per alimentare senza interruzioni le macchine finitrici durante le operazioni di posa. I mezzi di trasporto, di adeguata portata, devono essere dotati di teloni di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi della miscela e formazione di crostoni, oltre a proteggere la massa trasportata dalla pioggia. L'impianto di confezionamento del conglomerato deve essere collocato, preferibilmente, entro un raggio di 80 km dalla zona di stesa.

La posa in opera del conglomerato bituminoso deve essere sospesa in concomitanza di condizioni meteorologiche sfavorevoli tali da pregiudicare la perfetta riuscita delle lavorazioni, determinate da una temperatura della superficie di stesa  $< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  ovvero dalla presenza di un film d'acqua continuo sul piano di posa.

L'impresa deve rimuovere e ricostruire a propria cura e spese gli strati eventualmente compromessi per i motivi richiamati.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'impianto (in fase di confezionamento) deve essere al massimo pari a  $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ . All'atto della stesa, la temperatura del conglomerato bituminoso, controllata a ridosso della vibrofinitrice, deve risultare:

$T_{\text{stesa}} \geq 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	per conglomerati bituminosi a caldo modificati
$T_{\text{stesa}} \geq 120\text{ }^{\circ}\text{C}$	per conglomerati bituminosi tiepidi modificati

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente, eventualmente con l'impiego di due finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere rivestito mediante spruzzatura di emulsione bituminosa cationica al 55% in peso (v. paragrafo §2.5) per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato, prima dell'applicazione dell'emulsione bituminosa, si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia di circa 1 m di larghezza, normalmente interessate dalle ruote dei veicoli pesanti. Tale sovrapposizione deve ricadere in corrispondenza della segnaletica orizzontale di delimitazione fra le corsie o al più al centro delle corsie stesse.

Nel caso in cui gli interventi prevedano il rifacimento dello strato superficiale di corsie aventi larghezze inferiori alla larghezza delle finitrici normalmente utilizzate (circa 3 m) per i lavori di manutenzione (ad esempio corsia di emergenza di larghezza inferiore a 2,5 m), devono essere utilizzati mezzi di stesa adeguati, di cui l'impresa deve dotarsi, per garantire che l'ubicazione del giunto longitudinale di stesa rispetti le condizioni prima descritte.



Relativamente a lavori di ricostruzione in fresatura dello strato superficiale, per garantire la massima continuità fra la stesa realizzata e lo strato superficiale esistente è necessario l'impiego di una idonea quantità di mano d'attacco costituita da emulsione bituminosa spruzzata anche sul bordo verticale dello scavo.

La compattazione deve avvenire con rullo metallico da effettuarsi subito a ridosso della stesa dello strato per evitare che il giunto longitudinale possa poi presentarsi aperto e per evitare eventuali irregolarità e/o ondulazioni.

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

La compattazione del conglomerato bituminoso deve iniziare subito dietro la vibrofinitrice (sul materiale appena steso) e deve essere condotta a termine senza interruzioni con la metodologia più adeguata per ottenere un addensamento uniforme in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

L'addensamento deve essere realizzato solo con rulli metallici di peso massimo di 12 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 t per le operazioni di finitura dei giunti e riprese.

Gli strati eventualmente compromessi (che presentano, ad esempio, anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, sgranamenti, fessurazioni, giunti longitudinali o giunti trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati) devono essere rimossi e ricostruiti a cura e spese dell'Impresa; il verificarsi di tali eventi comporta comunque l'applicazione di penali come previsto al paragrafo §5.6.3.

Ad insindacabile giudizio della DL, all'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre un campo prova per verificare l'idoneità dei mezzi d'opera e mettere a punto le modalità esecutive atte a raggiungere le caratteristiche finali richieste. La zona del campo prova è scelta dalla DL e deve interessare una superficie non inferiore a 500 m<sup>2</sup>.

Il conglomerato bituminoso utilizzato per un generico strato deve essere steso sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e densità indicati in progetto.

Al termine della compattazione, lo strato di usura drenante deve avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore al 98% della densità (riferita al livello di compattazione N2 – v. paragrafo §5.3.3.1) calcolata su un campione di miscela compattata in laboratorio ed appartenente allo stessa tipologia, stesso impianto di produzione, lotto/giornata lavorativa dello strato investigato (UNI EN 12697-6). Qualora non si disponga dei campioni di miscela di raffronto, la verifica della rispondenza della densità in sito sarà eseguita in riferimento alla densità giratoria di progetto (N2) riportata sul mix design di progetto.

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente, tollerando uno scostamento di 5 mm.

Inoltre, l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avviene secondo quanto prescritto nell'Articolo 10.

## 5.6. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione del singolo strato riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) la miscela sciolta prelevata in sito durante le operazioni di stesa;
- 3) lo strato finito.

Le prove di cui ai punti precedenti sono eseguite suddividendo la produzione in lotti omogenei, le cui dimensioni sono specificate nei successivi paragrafi. In condizioni di lavorazione che la DL ritiene omogenee si possono accorpate fino a due lotti.

La DL può ordinare la formazione di lotti di minori dimensioni rispetto a quelle specificate qualora riscontrasse anomalie o disuniformità durante la produzione.

L'accettazione e il pagamento dello strato finito avvengono per lotto.

Nella Tavola Sinottica 5.2, sono riepilogati sinteticamente i controlli e le corrispondenti penali descritte dettagliatamente nei successivi paragrafi riguardanti i materiali costituenti, la miscela sciolta e lo strato finito.

In alternativa all'applicazione delle penali, la Committente e/o la DL, si riserva, a suo insindacabile giudizio, la facoltà di rifacimento a cura e a spese dell'Impresa della lavorazione non conforme.

L'applicazione delle penali descritte nei successivi paragrafi non esclude quelle previste in altri articoli delle presenti NTA, in particolare quelle riferite ai controlli prestazionali con apparecchiature ad alto rendimento specificate nell'Articolo 10.

TAVOLA SINOTTICA 5.2

MATERIALI COSTITUENTI	REQUISITI	PARAGRAFO	PENALI
<b>Legante bituminoso</b>	Caratteristiche varie conformi a quanto prescritto	§2.3 §5.6.1.1	10%
<b>Aggregato grosso, aggregato fino e aggregato filler</b>	LA e PSV	§5.2.2 §5.6.1.2	10%
<b>Conglomerato bituminoso di recupero (aggregato RA)</b>	Caratteristiche varie conformi a quanto prescritto	§5.2.3 §5.6.1.2	10%
MISCELA SCIOLTA	REQUISITI	PARAGRAFO	PENALI
<b>Conglomerato bituminoso drenante, drenante strutturale, ipodrenante</b>	Caratteristiche varie conformi a quanto prescritto	§5.3 §5.3.1 §5.3.3.1 §5.3.3.2 §5.3.3.3 §5.6.2	10%
STRATO FINITO	REQUISITI	PARAGRAFO	PENALI
<b>Posa in Opera</b>	Conforme a quanto prescritto	§5.5.2 §5.6.3.1	-
<b>Spessori degli strati</b>	Ricompresi nei limiti prescritti	§5.6.3.2	Variabile
<b>Resistenza a taglio delle interfacce</b>	Ricompresa nei limiti prescritti	§5.5.1 §5.6.3.3	5%
<b>Densità in sito</b>	Ricompresa nei limiti prescritti	§5.3.3.1 §5.5.2 §5.6.3.4	10%
<b>Capacità drenante</b>	Ricompresa nei limiti prescritti	§5.6.3.5	10%

## 5.6.1. ACCETTAZIONE DEI MATERIALI COSTITUENTI

### 5.6.1.1. LEGANTE BITUMINOSO

I controlli sul legante bituminoso impiegato per il confezionamento delle miscele vengono eseguiti prelevando un congruo quantitativo di bitume presso l'impianto di produzione per ogni lotto di conglomerato bituminoso corrispondente alle seguenti quantità:

- ogni 2200 ton di conglomerato bituminoso prodotto, per tutti i singoli interventi la cui produzione è superiore a 2200 ton di conglomerato bituminoso.

Nel caso di interventi che coinvolgono produzioni inferiori, la DL a suo insindacabile giudizio può eseguire prelievi presso gli impianti di produzione applicando gli stessi criteri di seguito richiamati validi per interventi con produzioni superiori a 2200 ton.

Valori difformi rispetto ai limiti prescritti dalle presenti NTA possono dar luogo, a giudizio insindacabile della DL, all'applicazione di penali di seguito richiamate, oltre a quelle derivanti dai controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita specificate all'Articolo 10, o alla demolizione e al rifacimento, a spese dell'Impresa della lavorazione non conforme.

Relativamente ai limiti indicati nell'Articolo 2 per i leganti bituminosi, la mancata rispondenza ad almeno una delle seguenti 4 caratteristiche:

- viscosità dinamica a  $T = 160\text{ °C}$  (procedura interna ASPI);
- penetrazione (UNI EN 1426);
- punto di rammollimento (UNI EN 1427);
- ritorno elastico a  $T = 25\text{ °C}$  (UNI EN 13398);

comporta la penalizzazione del 10% dei prezzi di tutti i lotti di conglomerato bituminoso drenante, confezionati con la partita di bitume a cui si riferiscono le prove.

Nel caso in cui non si riesca a risalire alla quantità della partita di bitume corrispondente al campione non conforme si deve considerare una quantità pari a 25 ton di bitume e la tipologia di conglomerato più costosa prodotta dall'impianto nella giornata in cui è stato effettuato il prelievo del campione di bitume.

Sono considerati idonei i leganti bituminosi le cui caratteristiche risultano conformi alle specifiche di cui al paragrafo §2.3, alle quali si applicano le tolleranze di seguito riportate:

- Punto di Rammollimento: variazione di  $5\text{ °C}$  rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Penetrazione a  $25\text{ °C}$ : variazione di 5 dmm rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Viscosità dinamica a  $160\text{ °C}$ ,  $\gamma=100\text{ s}^{-1}$ : variazione di  $0,1\text{ Pa}\cdot\text{s}$  rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Ritorno elastico a  $25\text{ °C}$ ,  $50\text{ mm/min}$ : variazione di 5 punti percentuali rispetto al limite inferiore e/o superiore.

L'applicazione della penale per il mancato rispetto di almeno uno dei precedenti criteri non esclude quelle previste in altri articoli delle presenti NTA, riferite alle caratteristiche prestazionali della pavimentazione finita misurate con apparecchiature ad alto rendimento specificate nell'Articolo 10.

#### 5.6.1.2. AGGREGATI LAPIDEI E AGGREGATO RA

I controlli sugli aggregati e sull'aggregato RA, utilizzati per il confezionamento delle miscele, vengono eseguiti su ogni lotto corrispondente alle seguenti quantità:

- ogni 2200 ton di conglomerato bituminoso prodotto, per tutti i singoli interventi la cui produzione è superiore a 2200 ton di conglomerato bituminoso.

Nel caso di interventi che coinvolgono produzioni inferiori, la DL a suo insindacabile giudizio può eseguire prelievi presso gli impianti di produzione applicando gli stessi criteri di seguito richiamati validi per interventi con produzioni superiori a 2200 ton.

L'accettazione degli aggregati e del RA, ove previsto, deve essere verificata su campioni prelevati presso l'impianto di produzione ed è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati rispettivamente nel paragrafo §5.2.2 e nel paragrafo §5.2.3.

Per quanto concerne la frazione grossa degli aggregati lapidei, la mancata rispondenza ad almeno una delle seguenti caratteristiche:

- resistenza alla frammentazione  $LA \leq 18\%$  in peso;

- valore di levigabilità  $PSV \geq 42$

comporta la sospensione delle lavorazioni per consentirne la risoluzione. La DL può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

Relativamente alle prescrizioni riguardanti l'RA, la mancata rispondenza ad almeno una delle seguenti caratteristiche:

- requisiti dimensionali e granulometrici di ciascuna frazione di aggregato RA;
- provenienza unicamente da strati di usura drenanti preesistenti sulla rete ASPI;

comporta la sospensione delle lavorazioni per consentirne la risoluzione. La DL può ordinare un aggiornamento dello studio della miscela.

### 5.6.2. ACCETTAZIONE DELLA MISCELA SCIOLTA

I controlli sulle miscele sciolte impiegate per strati di usura drenante, vengono eseguiti prelevando un congruo quantitativo di conglomerato bituminoso sciolto dalla vibrofinitrice durante la stesa per ogni lotto corrispondente alle seguenti quantità:

- in media ogni 2000 ton di conglomerato bituminoso steso, fatta salva la possibilità di prelievi più frequenti a discrezione della DL.

Nel caso in cui la stessa miscela prodotta giornalmente sia destinata a cantieri diversi, l'esito del controllo eseguito in uno dei cantieri sarà applicato all'intera produzione giornaliera.

I controlli eseguiti sulla miscela sciolta devono riguardare:

- la distribuzione granulometrica degli aggregati lapidei;
- il contenuto di bitume;
- le proprietà volumetriche su provini addensati in laboratorio;
- le proprietà meccaniche su provini addensati in laboratorio.

Relativamente alla distribuzione granulometrica delle miscele di conglomerato (UNI EN 12697-1, UNI EN 12697-39, UNI EN 933-1), confezionate con e senza aggregato RA, sono ammessi valori delle singole percentuali dell'aggregato rispetto alle curve di progetto pari a:

- $X \pm 5$  punti percentuali  
(dove X = valore percentuale corrispondente al passante al singolo setaccio di dimensioni maggiori o uguali a 2 mm)
- $Y \pm 3$  punti percentuali  
(dove Y = valore percentuale corrispondente al passante al singolo setaccio di dimensioni minori di 2 mm e maggiori di 0,063 mm)
- $Z \pm 2$  punti percentuali  
(dove Z = valore percentuale corrispondente al passante al setaccio di dimensioni pari a 0,063 mm)

Violazioni dei limiti richiamati possono dar luogo, nel caso in cui l'anomalia si verifichi per almeno 3 setacci, in presenza anche di altri parametri fuori norma, all'applicazione di penali, a giudizio insindacabile della DL.

Per quanto riguarda la verifica in laboratorio del contenuto di bitume delle miscele (UNI EN 12697-1, UNI EN 12697-39), i valori limite ammessi devono rientrare nel seguente intervallo:

- percentuale di progetto  $\pm 0,3$  punti percentuali.

Per quanto riguarda la verifica delle proprietà volumetriche, è prevista la determinazione della percentuale dei vuoti per ciascuno dei 2 livelli di compattazione N1 e N2, esprimendo i risultati come media dei valori ottenuti su ciascun provino.

Nel caso in cui si riscontri una anomalia della percentuale di vuoti media corrispondente al livello di compattazione N2, possono essere applicate delle penali a giudizio insindacabile della DL di seguito specificate.

Relativamente alla verifica delle proprietà meccaniche, è prevista la determinazione dei parametri ITS, CTI, ITSR, PL, esprimendo i risultati come media dei valori ottenuti su ciascun provino. La mancata rispondenza dei requisiti meccanici ITS, CTI, ITSR, PL (v. paragrafo §5.3.2.2 e paragrafo §5.3.3.3) può determinare a giudizio insindacabile della DL l'applicazione di penali di seguito specificate.

Nel caso di una o più violazioni riferite ai requisiti granulometrici, al contenuto di bitume, alle proprietà volumetriche (% di vuoti) e meccaniche (ITS, CTI, ITSR, PL), ad insindacabile giudizio della DL, è prevista l'applicazione di una penale pari 10% del valore del lotto interessato dal controllo.

In ogni caso, valori difformi rispetto ai limiti prescritti nelle presenti NTA possono dar luogo, a giudizio insindacabile della DL, in alternativa all'applicazione delle penali previste, alla demolizione e al rifacimento a cura e spese dell'Impresa della lavorazione non conforme.

### 5.6.3. ACCETTAZIONE DELLO STRATO FINITO

#### 5.6.3.1. POSA IN OPERA DELLA MISCELA

Come specificato nel paragrafo §5.5.2, la posa in opera di strati compromessi (es. anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati) comporta, a discrezione della DL, la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

Per strato compromesso si intende una lavorazione che presenti: anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o giunti trasversali di ripresa mal eseguiti, aperti o sgranati o qualsiasi difformità rispetto ad una lavorazione che possa definirsi "a regola d'arte".

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente, tollerando uno scostamento di 5 mm. Inoltre l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali della pavimentazione finita avviene secondo quanto prescritto nell'articolo 10.

#### 5.6.3.2. SPESSORI

Lo spessore dello strato da controllare deve corrispondere allo spessore medio di progetto ordinato dalla DL; esso deve essere verificato su carote prelevate in contraddittorio, il cui spessore è misurato secondo la norma UNI EN 12697-36.

Le carotatrici utilizzate per il prelievo dovranno consentire l'estrazione della carota attraverso un sistema mediante il quale sia possibile estrarre la carota spingendo il campione fuori dalla corona senza danneggiarlo. Deve essere assolutamente evitata l'estrazione della carota mediante "battitura" sulle pareti laterali della corona che potrebbe arrecare un danno alle interfacce tra gli strati impedendone la corretta "valutazione" e misurazione.

Al fine di ottenere un numero di misurazioni sufficientemente rappresentative dello spessore dello/gli strato/i in esame devono essere prelevate almeno 4 carote distribuite lungo un tratto elementare di lunghezza pari a 500 m (o pari alla lunghezza dell'intervento investigato se inferiore). Di norma si deve evitare di prelevare carote in prossimità dei bordi dell'intervento e/o dei giunti di lavorazione. In caso di notevole varianza e/o discordanza dei risultati delle misure dallo spessore ordinato, si procede ad un approfondimento delle verifiche, eseguendo il prelievo di ulteriori carote.

Lo spessore medio è calcolato eseguendo la media aritmetica degli spessori dello strato considerato, misurati per ciascuna carota prelevata ed è ammessa una tolleranza pari al 7% rispetto allo spessore dello strato di conglomerato bituminoso drenante ordinato.

Qualsiasi insufficienza nello spessore di uno strato superiore alla tolleranza prevista, è penalizzata applicando una detrazione pari al valore dello strato considerato moltiplicato per la percentuale pari al triplo dei punti percentuali di cui lo spessore differisce per difetto da quanto ordinato, dedotta la relativa tolleranza percentuale sopra indicata (esempio: ammettendo una tolleranza del 7%, qualora la differenza di spessore risulti in difetto del 10%, la penale è pari a:  $(10\% - 7\%) \times 3 = 9\%$  del valore dello strato interessato dal controllo).

La penale è applicata alla superficie ispezionata dai carotaggi (larghezza delle corsie dell'intervento investigato per lunghezza investigata fra prima ed ultima carota di ogni tratto elementare).

Nel caso in cui la differenza con il valore di progetto superi il 25%, esclusa la tolleranza, il lavoro non è ritenuto accettabile e la DL, anche tenendo conto dell'estensione e della distribuzione delle tratte carenti, può richiederne il rifacimento a completa cura e spese dell'Impresa.

### 5.6.3.3. RESISTENZA A TAGLIO DELLE INTERFACCE

I controlli relativi alla resistenza a taglio delle interfacce vengono eseguiti sulle stesse carote utilizzate per il controllo degli spessori (almeno 4 carote distribuite lungo un tratto elementare di lunghezza pari a 500 m oppure pari alla lunghezza dell'intervento investigato se inferiore).

La verifica della resistenza a taglio all'interfaccia tra il nuovo strato di conglomerato bituminoso drenante e quello immediatamente sottostante viene eseguita su carote bistrato prelevate in sito mediante prove di laboratorio Leutner (Shear Bond Test SBT, UNI EN 12697-48) oppure ASTRA (Compressed Shear Bond Test CSBT, UNI EN 12697-48).

La prova Leutner viene eseguita su provini cilindrici bistrato (diametro nominale pari a 100 mm oppure 150 mm e spessore minimo di ciascuno strato pari a 30 mm) ad una velocità di 50,8 mm/min, senza l'applicazione di sforzo normale e ad una temperatura di riferimento pari a 20 °C.

La prova ASTRA viene eseguita su provini cilindrici bistrato (diametro nominale pari a 100 mm e spessore minimo di ciascuno strato pari a 30 mm) ad una velocità di 2,5 mm/min, prevedendo l'applicazione di uno sforzo normale pari a 0,2 MPa e ad una temperatura di riferimento pari a 20 °C.

I valori minimi di accettazione della resistenza a taglio all'interfaccia ottenuti su carote di diametro nominale pari a 100 mm, differenziati per tipologia di prova eseguita (Leutner oppure ASTRA) sono riportati in Tabella 5.5.

Tabella 5.5

Leutner (SBT, UNI EN 12697-48) 20 °C – 50 mm/min	ASTRA (CSBT, UNI EN 12697-48) 20 °C – 2,5 mm/min – 0,2 MPa
≥ 0,50 MPa	≥ 0,40 MPa

Per valori medi della resistenza al taglio inferiori a quelli indicati in Tabella 5.5 viene applicata al prezzo di elenco dello strato superiore all'interfaccia una penale pari al 5%.

Ad insindacabile giudizio della DL, valori di resistenza a taglio all'interfaccia ritenuti eccessivamente bassi rispetto al limite minimo indicato in Tabella 5.5 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a cura e spese dell'Impresa.

La penale è applicata alla superficie ispezionata dai carotaggi (larghezza delle corsie dell'intervento investigato per lunghezza investigata fra prima ed ultima carota di ogni tratto elementare).

#### 5.6.3.4. DENSITÀ IN SITO

I controlli relativi alla densità in sito vengono eseguiti sulle stesse carote utilizzate per il controllo degli spessori (almeno 4 carote distribuite lungo un tratto elementare di lunghezza pari a 500 m oppure pari alla lunghezza dell'intervento investigato se inferiore) e della resistenza al taglio delle interfacce.

La densità in sito, ottenuta come media dei valori misurati sulle singole carote, deve essere non inferiore al 98% della densità (riferita al livello di compattazione N2 – v. paragrafo §5.3.3.1) determinata su un campione di miscela compattata in laboratorio ed appartenente alla stessa tipologia, stesso impianto di produzione, lotto/giornata lavorativa dello strato investigato (UNI EN 12697-6). Qualora non si disponga dei campioni di miscela di raffronto, la verifica della rispondenza della densità in sito sarà eseguita in riferimento alla densità giratoria di progetto (N2) riportata sul mix design di progetto.

Per valori inferiori al 98% della densità di riferimento, è prevista l'applicazione di una penale pari al 10% del prezzo dello strato interessato dal controllo (larghezza delle corsie dell'intervento investigato per lunghezza investigata fra prima ed ultima carota di ogni tratto elementare). Ad insindacabile giudizio della DL, valori della densità in sito eccessivamente bassi rispetto alla densità di progetto (riferita al livello di compattazione N2 – v. paragrafo §5.3.3.1) comportano la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a cura e spese dell'Impresa.

#### 5.6.3.5. CAPACITÀ DRENANTE

I valori della capacità drenante media in sito, misurata con permeabilimetro a colonna d'acqua (metodo di prova interno ASPI) entro 30 gg dall'apertura al traffico, deve restituire i valori indicati in Tabella 5.6.

Tabella 5.6

Miscele	Capacità drenante (litri/min)
Drenante	≥ 20
Drenante strutturale	≥ 10
Ipodrenante	≥ 2

Le modalità di rilievo dei dati della capacità drenante (ubicazione, numero e distribuzione delle stesse sulla superficie interessata dai lavori) sono eseguite secondo la metodologia di prova interna ASPI.

La non rispondenza ai limiti indicati in Tabella 5.6 comporta l'applicazione di una penale del 10% del costo dello strato investigato. Lo strato investigato corrisponde alla superficie ispezionata con la prova di capacità drenante calcolata come larghezza della corsia verificata moltiplicata per lunghezza tra prima e ultima prova del tratto.

## 5.7. CONTROLLI E PENALI SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA

In aggiunta ai controlli in corso d'opera illustrati al paragrafo §5.6, è prevista l'esecuzione di controlli con apparecchiature ad alto rendimento sulla pavimentazione finita che possono dare luogo a penali aggiuntive secondo quanto prescritto all'Articolo 10.

## 6. IMPERMEABILIZZAZIONE DI SOLETTE DI IMPALCATO DI OPERE D'ARTE

### 6.1 PRESCRIZIONI GENERALI

La Direzione Lavori, all'atto della scopertura della soletta o delle sue testate, dopo demolizione del pacchetto di conglomerato e rimozione della vecchia impermeabilizzazione effettuata con idonee attrezzature, conferma le ipotesi progettuali e la sequenza delle lavorazioni, a meno di condizioni impreviste.

Particolare cura deve essere dedicata alla preparazione delle superfici da impermeabilizzare che devono risultare non danneggiate, regolari, perfettamente asciutte e pulite, esenti da oli, grassi, polveri e prive di residui di boiaccia o di malta cementizia o di prodotti disarmanti.

Eventuali punti singolari devono essere stuccati e sigillati con idonee malte o stucchi epossidici, preservando e/o ripristinando pendenze adeguate per un regolare sgrondo delle acque. A questo fine, la superficie deve essere sabbiata e/o bocciardata (potenza non inferiore a 80 CV), anche quando siano stati eseguiti precedenti interventi di ripristino con l'impiego di betoncini o calcestruzzi reoplastici a ritiro compensato. A questi interventi preparatori deve seguire un'accurata pulizia delle superfici interessate anche mediante idrolavaggi (preferibilmente in periodi caldi o asciutti) e conseguente energica soffiatura con aria compressa.

Le superfici da impermeabilizzare devono essere lisce, coerenti, esenti da asperità o avvallamenti. In tal senso, devono essere garantiti valori di planarità  $\leq 10$  mm a 2 m,  $\leq 3$  mm a 0,2 m e di rugosità e dislivello  $\leq 3$  mm.

L'impermeabilizzazione deve essere eseguita con la massima accuratezza, specialmente in prossimità di fori, passaggi, canne, ecc. Il convogliamento delle acque meteoriche ai pluviali deve essere assicurato mediante idonei pezzi speciali muniti di griglia parafoglie e fissati al manto impermeabile a livello della soletta in calcestruzzo, mediante l'impiego di stucchi.

L'impermeabilizzazione deve interessare anche le zone dei bocchettoni di scarico delle acque superficiali, ricoprendoli nell'area dei risvolti, evitando di danneggiare le attrezzature di smaltimento preesistenti e/o ricostruite.

Le riprese di lavoro devono essere ridotte al minimo, salvo le esigenze particolari; in ogni caso deve essere assicurata una perfetta adesione tra le lavorazioni realizzate in tempi differenti.

Il manto deve essere transitabile dal normale traffico di cantiere (escluso quello cingolato), senza distacchi e perforazioni.

Le strutture sovrastanti devono essere eseguite dopo la perfetta maturazione degli strati impermeabili di cui al presente Articolo 6.

### 6.2 IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE CAPP A DI MASTICE DI ASFALTO

Tutti i materiali usati e le modalità di realizzazione devono rispettare i requisiti richiesti dalla norma UNI EN 12970, così come di seguito specificato.

Con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori, l'Impresa deve fornire alla DL le schede tecniche dei materiali componenti che intende impiegare (incluso l'eventuale primer da applicare sul piano di posa in alternativa all'emulsione bituminosa), la curva granulometrica degli aggregati fini e la composizione prevista per il mastice. L'impresa deve inoltre fornire i dosaggi e le modalità di posa in opera del mastice di asfalto. A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ai materiali e alla procedura dichiarata.



Resta salva la facoltà della DL di richiedere, con il supporto di eventuali altre strutture competenti, specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione. Eventuali variazioni ai dati di progetto, dovute a necessità logistiche/operative, possono essere apportate in corso d'opera unicamente dopo approvazione e ad insindacabile giudizio della DL.

### 6.2.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Tutti i materiali impiegati devono essere qualificati in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione e ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE, attestanti la conformità all'allegato ZA alle norme europee armonizzate di riferimento.

#### 6.2.1.1. LEGANTE

Si possono utilizzare solo ed unicamente i bitumi che risultano qualificati dal Centro rilevamento Dati e Prove materiali (v. Articolo 2).

Per tutte le specifiche si richiamano espressamente le norme di cui all'Articolo 2, con particolare riferimento al paragrafo §2.4. La DL, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di leganti aventi caratteristiche diverse da quelle indicate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

Il legante deve essere dosato in ragione del 15-19% in peso sulla miscela di aggregati (corrispondente al 13-16% in peso sulla miscela finale). In ogni caso, il dosaggio del legante deve essere definito da uno studio preliminare da presentare alla DL per la necessaria approvazione.

#### 6.2.1.2. FILLER

L'aggregato filler proveniente dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituito da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti, rocce sintetiche o artificiali, deve avere una granulometria (UNI EN 933-10) tale da soddisfare i seguenti requisiti:

Setaccio UNI 2- Passante in peso 100%

Setaccio UNI 0.125 - Passante in peso compreso 85÷100 %

Setaccio UNI 0.063 - Passante in peso compreso 70÷100 %

L'indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS17892-12) deve risultare non plastico (NP).

Il potere stabilizzante del filler, in accordo alla norma UNI EN 13043, potrà essere tale che la miscela bitume/filler, nel rapporto in peso di 1 : 2, dovrà avere un incremento del punto di rammollimento, rispetto a quello del bitume puro, pari almeno a 15°C.

#### 6.2.1.3. AGGREGATO FINE

L'aggregato fine deve essere totalmente passante al setaccio 4 mm, pulito ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben gradata (saranno tollerati al massimo un trattenuto del 2% in peso al setaccio 4 mm e un 5% in peso passante al setaccio 0,063 mm UNI), contenuta per il 65-70% in peso sulla miscela finale di aggregati. L'equivalente in sabbia SE (UNI EN 933-8) dovrà essere comunque  $\geq 60\%$ .

#### 6.2.1.4. MISCELA FINALE

La parte lapidea della miscela (aggregato fine + filler) deve avere una percentuale di vuoti intergranulari "v" (UNI EN 1097-3) compresa tra il 18 ed il 23%. Così come prescritto dalla norma UNI EN 12970, il contenuto di legante totale è dosato tenendo conto dei vuoti intergranulari dell'aggregato minerale in modo da saturare completamente i pori e lasciare una leggera eccedenza di legante disponibile, che può essere compresa tra il 7 e il 10%

(cioè, detta “V<sub>b</sub>” la percentuale in volume del legante sulla miscela finale, deve risultare  $V_{b-v} = 7 \div 10\%$ ).

Il mastice di asfalto, confezionato in laboratorio nel rispetto delle norme sopra esposte, deve avere un punto di rammollimento, determinato in accordo alla prova Wilhelmi (norma DIN 1996-15), compreso tra 100 e 115 °C. Alla stessa prova, il mastice prelevato al confezionamento o alla stesa può presentare valori compresi tra 100 e 130 °C.

### 6.2.2. MODALITA' DI PREPARAZIONE DEL MASTICE DI ASFALTO

La confezione del mastice di asfalto deve essere eseguita con idonei impianti di mescolamento fissi o mobili, approvati dalla Committente/DL, di potenzialità adeguata all'entità del lavoro da eseguire.

Si prescrive che il dosaggio del legante, del filler e delle sabbie debba essere fatto tassativamente in peso.

Per ottenere degli impasti perfettamente omogenei, potrà essere seguita una delle seguenti procedure, a seconda del tipo di impianto a disposizione:

#### Procedura 1

- a. Pre-miscelazione degli aggregati, compreso il filler, a temperatura di 210-230 °C.
- b. Aggiunta del bitume nella corretta percentuale, preventivamente portato alla temperatura di 150-160 °C.
- c. Mescolazione dell'impasto nella miscelatrice riscaldata alla temperatura di 200-210 °C, al fine di ottenere un'ottima miscelazione del bitume col filler.

#### Procedura 2

- a. Introduzione nella miscelatrice riscaldata del filler e del bitume, dosati separatamente a peso e miscelazione alla temperatura di 200 °C fino ad ottenere un'ottima miscelazione del bitume con il filler.
- b. Aggiunta delle sabbie preventivamente asciugate e riscaldate e mescolamento a temperatura di 200-210 °C, fino ad ottenere un impasto perfettamente omogeneo ed uniforme.

La scelta della più idonea procedura di messa in opera deve essere sottoposta alla preventiva autorizzazione della DL. In ogni caso, occorre che le apparecchiature di riscaldamento siano tali da evitare il contatto diretto di fiamme o gas caldi con i bitumi ed il filler, per non dar luogo ad eccessivi indurimenti o bruciature dei medesimi.

Qualora il confezionamento non venga fatto sul luogo della stesa, il trasporto del mastice deve essere effettuato con miscelatrici riscaldate mobili (bonze), munite anch'esse di agitatore meccanico ed apposito impianto di riscaldamento.

### 6.2.3. POSA IN OPERA

La miscela posta in opera deve essere costituita da uno strato continuo ed uniforme di mastice di asfalto su tutta la superficie, con spessore minimo di 10 mm e massimo di 14 mm, da verificare mediante prelievo di campioni.

Dopo aver preparato le superfici da impermeabilizzare in conformità a quanto descritto al paragrafo §6.1 si procede con la stesa di un idonea emulsione bituminosa modificata (paragrafo §2.6, Tabella 2.7 – Tipo D1), in ragione di 0,5-0,7 kg/m<sup>2</sup>, in modo da consentire un migliore ancoraggio alla soletta. Ad insindacabile giudizio della DL potrà essere autorizzato l'impiego di primer specifici, con l'indicazione dei relativi dosaggi, proposti dall'impresa.

Al di sopra dell'emulsione o dell'eventuale primer, dopo l'evaporazione dell'acqua o del solvente, deve essere posto in opera il mastice di asfalto mediante colamento del materiale a temperatura di 200 °C ( $\pm 10$  °C); la sua distribuzione e il livellamento saranno eseguiti con fratazzi di legno.

Per stese di una certa estensione l'applicazione può essere eseguita a macchina con finitrici specificatamente studiate ed attrezzate, sottoposte a preventiva approvazione della DL.

A insindacabile giudizio della DL, la posa in opera del mastice non può essere effettuata quando le condizioni meteorologiche generali possono compromettere la perfetta riuscita del lavoro come, ad esempio, quando la temperatura dell'aria è inferiore a 5 °C, in presenza di pioggia, di superficie di stesa bagnata oppure a causa di eccessiva umidità.

Il mastice d'asfalto deve essere steso, per quanto possibile, con uno spessore costante, per cui tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sulla cappa impermeabilizzante, devono essere eliminate. Dopo il completamento dell'impermeabilizzazione, a discrezione della DL, si può procedere ad una risagomatura della soletta mediante stesa di un sottile strato di conglomerato bituminoso realizzato con aggregati calcarei di granulometria appropriata. Successivamente, si può procedere con la stesa della pavimentazione definitiva.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali devono essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici e il mastice di asfalto deve giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la DL prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso. In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato di conglomerato bituminoso, all'atto della stesa non sia inferiore a 140 °C. La DL, a suo insindacabile giudizio e con il supporto della struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare la stesa degli strati in conglomerato bituminoso a temperature inferiori.

Il manto finale deve avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

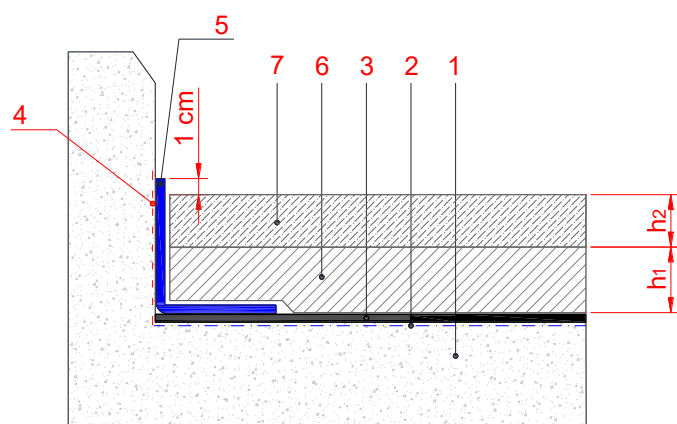
#### 6.2.4. IMPERMEABILIZZAZIONE DEI RISVOLTI VERTICALI SUI CORDOLI

In relazione a specifiche esigenze progettuali e ad insindacabile giudizio della DL, è possibile prevedere, dopo la posa in opera della miscela di mastice di asfalto e prima della stesa dello strato in conglomerato bituminoso, l'impermeabilizzazione dei risvolti verticali in corrispondenza dei cordoli.

Tale impermeabilizzazione può essere realizzata mediante l'impiego di resina impermeabilizzante bicomponente, pigmentata, a base di polimetilmetacrilato (PMMA) armata con tessuto non tessuto speciale da 110 g/m<sup>2</sup>, flessibile alle basse temperature, permeabile al vapore, resistente agli agenti atmosferici (UV, IR, ecc.), elastica e resistente alle sollecitazioni meccaniche e all'usura.

La posa della resina prevede l'applicazione preventiva di un primer sulle superfici da trattare. Successivamente viene applicato un quantitativo idoneo (dosaggio definito dall'impresa e accettato dalla DL) di prodotto sull'area interessata, viene posata un'armatura in tessuto non tessuto sulla resina fresca, assicurandosi che non rimangano bolle d'aria e che il tessuto sia completamente saturo. In seguito, il tessuto viene ricoperto con una seconda mano di resina (Figura 6.1). Successivamente, vengono stesi gli strati in conglomerato bituminoso. Durante l'esecuzione dei risvolti verticali, la temperatura superficiale deve essere almeno di 3 °C superiore al punto di rugiada e sempre compresa fra -5°C e +40 °C; la temperatura del supporto deve essere compresa fra -5°C e +50 °C.

La DL, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di prodotti aventi caratteristiche diverse da quelle richiamate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.



1. Supporto
2. Emulsione bituminosa o primer
3. Strato di impermeabilizzazione
4. Primer per risvolto verticale, da apporre prima dell'applicazione dell'elemento 5
5. Impermeabilizzazione con resina bi-componente, con interposta armatura in Tessuto Non Tessuto
6. Conglomerato bituminoso
7. Conglomerato bituminoso

Figura 6.1

### 6.3. IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE MEMBRANA ESEGUITA IN OPERA

Con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori, l'Impresa deve fornire alla DL le schede tecniche dei materiali componenti che intende impiegare (incluso l'eventuale primer da applicare sul piano di posa in alternativa all'emulsione bituminosa o al bitume a caldo). L'impresa deve inoltre fornire i dosaggi e le modalità di realizzazione della membrana in opera. A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ai materiali e alla procedura dichiarata. Resta salva la facoltà della DL, con il supporto della struttura PLB, di richiedere specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione. Eventuali variazioni ai dati di progetto dovute a necessità logistiche/operative, possono essere apportate in corso d'opera unicamente dopo approvazione e ad insindacabile giudizio della DL.

#### 6.3.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

##### 6.3.1.1. LEGANTE

Il legante deve essere qualificato in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione e ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE, attestanti la conformità all'allegato ZA alle norme europee armonizzate di riferimento.

Si possono utilizzare solo ed unicamente i bitumi che risultano qualificati dal Centro rilevamento Dati e Prove materiali (v. Articolo 2).

Per tutte le specifiche si richiamano espressamente le norme di cui all'Articolo 2, con particolare riferimento al paragrafo §2.4. La DL, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di leganti aventi caratteristiche diverse da quelle indicate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

##### 6.3.1.2. ARMATURA IN TESSUTO NON TESSUTO

L'armatura è costituita da tessuto non tessuto in fibre di polipropilene o poliestere, agglomerate mediante sistema di agugliatura meccanica. Essa deve essere esente da parti di collanti o impregnati, imputrescibile e inattaccabile da muffe, batteri e roditori, garantire perfetta adesione ed impregnabilità con il legante bituminoso e non deve aver subito trattamenti di termosaldatura.

Il tessuto non tessuto deve essere qualificato in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione e ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione

di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE, attestanti la conformità all'allegato ZA alle norme europee armonizzate di riferimento (UNI EN 13249).

Le caratteristiche del tessuto non tessuto devono rispettare le prescrizioni riportate in Tabella 6.1. La DL, a suo insindacabile giudizio e con il supporto della struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di materiali aventi caratteristiche diverse da quelle indicate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

Tabella 6.1

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Massa areica	g/m <sup>2</sup>	UNI EN ISO 9864	≥ 200
Resistenza a trazione longitudinale MD	kN/m	UNI EN ISO 10319	≥ 4
Resistenza a trazione trasversale CMD	kN/m	UNI EN ISO 10319	≥ 4
Allungamento a carico max longitudinale MD	%	UNI EN ISO 10319	≥ 50
Allungamento a carico max trasversale CMD	%	UNI EN ISO 10319	≥ 50

### 6.3.2. POSA IN OPERA

Dopo aver preparato le superfici da impermeabilizzare in conformità a quanto descritto al paragrafo §6.1 si procede con la stesa di una emulsione bituminosa modificata in ragione di 0,5-0,7 kg/m<sup>2</sup> (paragrafo §2.6, Tabella 2.7 – Tipo D1) o di bitume a caldo con dosaggio equivalente (paragrafo §2.3, Tabella 2.4), in modo da consentire un migliore ancoraggio alla soletta. Ad insindacabile giudizio della DL potrà essere autorizzato l'impiego di primer specifici, con l'indicazione dei relativi dosaggi, proposti dall'impresa.

Al di sopra dell'emulsione o dell'eventuale primer, dopo l'evaporazione dell'acqua o del solvente, deve essere posto in opera il primo strato di legante con dosaggio ≥ 2 kg/m<sup>2</sup> (spessore ≥ 2 mm), con temperatura e modalità di posa definiti dall'Impresa e preventivamente accettati dalla DL. L'armatura deve essere immediatamente applicata sopra il legante mediante apparecchiatura stendi-tessuto, avendo cura di assicurare la perfetta adesione con il legante in ogni punto, ponendo particolare attenzione all'adesione nelle zone di sormonto. In particolare, si deve effettuare una sovrapposizione dell'armatura di almeno 20 cm sia nei giunti longitudinali che trasversali. Successivamente, si deve procedere con la stesa del secondo strato di legante con dosaggio ≥ 2 kg/m<sup>2</sup> (spessore pari a ≥ 2 mm), con temperatura e modalità di posa definiti preliminarmente e accettati dalla DL. A insindacabile giudizio della DL, è possibile prevedere lo spargimento di sabbia di natura mineralogica e con dosaggi che devono essere dichiarati preliminarmente dall'impresa.

La posa in opera del legante non può essere effettuata quando le condizioni meteorologiche generali possono compromettere la perfetta riuscita del lavoro come, ad esempio, quando la temperatura dell'aria è inferiore a 5 °C, in presenza di pioggia, di superficie di stesa bagnata oppure a causa di eccessiva umidità.

Il legante deve essere steso, per quanto possibile, con uno spessore costante, per cui tutte le irregolarità della soletta che si riproducono sullo strato impermeabilizzante, devono essere eliminate.

I bocchettoni in corrispondenza dei fori di scarico per i pluviali devono essere fissati a livello della soletta in calcestruzzo con stucchi epossidici e il legante deve giungere fino al bordo del foro, coprendo così i risvolti del bocchettone stesso.

Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la DL prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso. In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato di conglomerato bituminoso, all'atto della stesa non sia inferiore a 140 °C. La DL, a

suo insindacabile giudizio e con il supporto della struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare la stesa degli strati in conglomerato bituminoso a temperature inferiori.

L'impermeabilizzazione deve avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

### 6.3.3. IMPERMEABILIZZAZIONE DEI RISVOLTI VERTICALI SUI CORDOLI

In relazione a specifiche esigenze progettuali e ad insindacabile giudizio della DL, è possibile prevedere, dopo la posa in opera della membrana eseguita in opera e prima della stesa dello strato in conglomerato bituminoso, l'impermeabilizzazione dei risvolti verticali in corrispondenza dei cordoli.

Tale impermeabilizzazione può essere realizzata mediante l'impiego di resina impermeabilizzante bicomponente, pigmentata, a base di polimetilmetacrilato (PMMA) armata con tessuto non tessuto speciale da 110 g/m<sup>2</sup>, flessibile alle basse temperature, permeabile al vapore, resistente agli agenti atmosferici (UV, IR, ecc.), elastica e resistente alle sollecitazioni meccaniche e all'usura.

La posa della resina prevede l'applicazione preventiva di un primer sulle superfici da trattare. Successivamente viene applicato un quantitativo idoneo (dosaggio definito dall'impresa e accettato dalla DL) di prodotto sull'area interessata, viene posata un'armatura in tessuto non tessuto sulla resina fresca, assicurandosi che non rimangano bolle d'aria e che il tessuto sia completamente saturo. In seguito, il tessuto viene ricoperto con una seconda mano di resina (Figura 6.1). Successivamente, vengono stesi gli strati in conglomerato bituminoso. Durante l'esecuzione dei risvolti verticali, la temperatura superficiale deve essere almeno di 3 °C superiore al punto di rugiada e sempre compresa fra -5°C e +40 °C; la temperatura del supporto deve essere compresa fra -5°C e +50 °C.

La DL, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di prodotti aventi caratteristiche diverse da quelle richiamate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

## 6.4. IMPERMEABILIZZAZIONE MEDIANTE MEMBRANE BITUMINOSE PREFORMATE E ARMATE

Con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori, l'Impresa deve fornire alla DL le schede tecniche dei prodotti che intende impiegare (compresi i primer). L'impresa deve inoltre fornire appropriate informazioni in merito alle modalità di posa in opera della membrana e al dosaggio del primer da impiegare. A seguito dell'approvazione della DL, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ai materiali e alla procedura dichiarata. Resta salva la facoltà della DL di richiedere specifiche prove di verifica dei requisiti dichiarati nella documentazione. Eventuali variazioni ai dati di progetto dovute a necessità logistiche/operative, possono essere apportate in corso d'opera unicamente dopo approvazione e ad insindacabile giudizio della DL.

### 6.4.1. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

#### 6.4.1.1. PRIMER

Il primer è costituito da una miscela di bitume e solventi, in grado di migliorare l'aderenza delle membrane e dei prodotti di impermeabilizzazione a base di bitume su supporti porosi o assorbenti. I requisiti tecnici che il primer deve rispettare sono riportati in Tabella 6.2.

La DL, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di materiali aventi caratteristiche diverse da quelle indicate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

Con adeguato anticipo rispetto all'inizio dei lavori, l'Impresa deve fornire informazioni in merito al dosaggio di primer da impiegare per la specifica lavorazione.

Tabella 6.2

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Densità	g/cm <sup>3</sup>	UNI EN ISO 2811-1	0.9 - 1.1
Residuo secco a 130 °C	%	UNI EN ISO 3251	50 - 60
Viscosità (tempo di efflusso in tazza da 4 mm di diametro)	secondi	UNI EN ISO 2431	15-35

#### 6.4.1.2. MEMBRANA

Le membrane impiegabili per l'impermeabilizzazione delle opere d'arte sono membrane costituite da una miscela di legante specificatamente formulato, armate con tessuto non tessuto in poliestere a filo continuo ad alta grammatura.

La membrana deve essere qualificata in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione e ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE, attestanti la conformità all'allegato ZA alle norme europee armonizzate di riferimento (UNI EN 14695).

Le caratteristiche della membrana devono rispettare le prescrizioni riportate in Tabella 6.3. La DL, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di membrane aventi caratteristiche diverse da quelle indicate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

Tabella 6.3

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Spessore	mm	UNI EN 1849-1	5
Resistenza a trazione (long./trasv.)	N/5 cm	UNI EN 12311-1	1200/1200
Allungamento a rottura (long./trasv.)	%	UNI EN 12311-1	50/50
Stabilità dimensionale a temperature elevate	%	UNI EN 1107-1	≤ 0.2
Resistenza alla lacerazione (long./trasv.)	N	UNI EN 12310-1	250/250
Resistenza all'urto (o punzonamento dinamico)	mm	UNI EN 12691(A)	≥ 1500
Resistenza al punzonamento statico	kg	UNI EN 12730 (B)	≥ 25
Resistenza allo scorrimento alle alte temperature	°C	UNI EN 1110	≥ 140
Flessibilità alle basse temperature	°C	UNI EN 1109	≤ - 15
Tenuta all'acqua (impermeabilità dinamica a 500 kPa)	-	UNI EN 14694	Passa (tenuta stagna)
Compatibilità per condizionamento termico	%	UNI EN 14691	≥ 80
Resistenza dell'aderenza	N/mm <sup>2</sup>	UNI EN 13596	≥ 0.4
Resistenza al taglio	N/mm <sup>2</sup>	UNI EN 13653	≥ 0.2
Resistenza alla compattazione di uno strato di conglomerato bituminoso	-	UNI EN 14692	Supera la prova
Resistenza alla fessurazione	°C	UNI EN 14224	≤ -10
Assorbimento d'acqua	%	UNI EN 14223	≤ 1.5

## 6.4.2. POSA IN OPERA

### 6.4.2.1. VERIFICA DELL'ASCIUGATURA DELLA SUPERFICIE

La superficie da impermeabilizzare deve avere almeno due settimane di stagionatura e si deve presentare asciutta al tatto. In ogni caso, prima di procedere alla posa dell'impermeabilizzazione, l'impresa è tenuta a verificare l'effettiva asciugatura del supporto mediante il seguente metodo:

- posa a secco di un pezzo di membrana bituminosa (dimensioni minime 50 × 50 cm) sul supporto per un'intera notte (in assenza di precipitazioni)
- procedere, la mattina successiva, alla verifica che la faccia inferiore della membrana bituminosa sia asciutta; in tal caso si può procedere con le opere di impermeabilizzazione. Per contro, la presenza di umidità sulla faccia inferiore della membrana denota una asciugatura non completa del supporto e comporta un'ulteriore attesa in vista di una nuova verifica.

Dopo aver verificato la perfetta asciugatura e pulizia della superficie, si può procedere a una preliminare disposizione dei teli. Prima della posa, infatti, i rotoli vanno stesi, allineati per predisporre le sovrapposizioni e poi riavvolti per procedere successivamente con la messa in opera a fiamma.

### 6.4.2.2. SORMONTI LATERALI E DI TESTA

I sormonti laterali sono le giunzioni che si trovano in direzione longitudinale. I fogli della membrana devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza per una larghezza almeno pari a 10 cm ed essere pressati con un rullo di circa 15 kg, che garantisca la continuità della saldatura.

Durante tale lavorazione, la quantità di legante che fuoriesce dal giunto di sormonto può essere smussato con la punta della cazzuola scaldata.

I sormonti di testa si riferiscono alle giunzioni in direzione ortogonale. Tali giunzioni non devono mai essere disposte lungo un'unica linea, ma devono essere sempre alternate.

I teli devono inoltre prevedere i sormonti a "favore d'acqua" o a "tegola"; devono cioè essere sovrapposti partendo sempre dagli scarichi o dagli impluvi. Così come i sormonti laterali, anche quelli di testa sono da realizzare con attenzione. In direzione trasversale, i fogli della membrana devono sempre essere saldati con bruciatore di sicurezza per una larghezza almeno pari a 15 cm ed essere pressati con un rullo di circa 15 kg, che garantisca la continuità della saldatura. Durante tale lavorazione, la quantità di legante che fuoriesce dal giunto di sormonto può essere smussato con la punta della cazzuola scaldata

### 6.4.2.3. APPLICAZIONE DEI TELI

Prima di procedere alla posa della membrana si deve stendere sul supporto un primer di impregnazione in ragione di 150-200 gr/m<sup>2</sup>, in uno strato uniforme e regolare. In caso di pioggia, il lavoro deve essere interrotto e ripreso dopo l'asciugatura della superficie, verificata con le modalità esposte al paragrafo §6.4.2.1.

Dopo la completa evaporazione del solvente (dalle 3 alle 24 ore, in funzione delle condizioni climatiche e del supporto), viene applicata la membrana a fiamma. La fiamma deve essere usata contemporaneamente sulla membrana e sul supporto di posa, con prevalenza sul rotolo. Man mano che si procede con il riscaldamento, la faccia inferiore della membrana si scurisce fino ad assumere un aspetto lucido; a questo punto la membrana è pronta per essere svolta e fatta aderire al supporto.



La messa in opera della membrana può anche essere di tipo meccanico, ovvero utilizzando un sistema di posa semi-automatico. In ogni caso i dettagli di raccordo con i risvolti verticali dei cordoli dovranno essere realizzati manualmente (paragrafo §6.4.2.4).

I fori destinati ad accogliere i bocchettoni di scarico dovranno presentare un incavo profondo  $1,5 \div 2$  cm per evitare che lo spessore della flangia del bocchettone e degli strati impermeabilizzanti determinino un rialzo attorno al foro con conseguente ristagno d'acqua. Qualora le condizioni dell'impalcato da impermeabilizzare siano tali da determinare irregolarità o soffiature del manto (umidità eccessiva dei calcestruzzi di soletta), dovranno essere adottati tutti quei provvedimenti che la DL prescriverà di volta in volta in relazione allo stato dell'impalcato stesso. In ogni caso si dovrà avere cura che la temperatura dello strato di conglomerato bituminoso, all'atto della stesa non sia inferiore a  $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La DL, a suo insindacabile giudizio e con il supporto della struttura PLB, si riserva la facoltà di autorizzare la stesa degli strati in conglomerato bituminoso a temperature inferiori.

L'impermeabilizzazione deve avere una resistenza meccanica tale che, se sottoposta al transito temporaneo degli automezzi gommati di cantiere, non si verifichino schiacciamenti, fessurazioni o abrasioni sul manto.

#### 6.4.2.4. IMPERMEABILIZZAZIONE DEI RISVOLTI VERTICALI SUI CORDOLI

Dopo la posa in opera della membrana bituminosa e prima della stesa dello strato in conglomerato bituminoso, deve essere eseguita l'impermeabilizzazione dei risvolti verticali in corrispondenza dei cordoli.

Tale impermeabilizzazione può essere realizzata mediante l'impiego di resina impermeabilizzante bicomponente, pigmentata, a base di polimetilmetacrilato (PMMA) armata con tessuto non tessuto speciale da  $110\text{ g/m}^2$ , flessibile alle basse temperature, permeabile al vapore, resistente agli agenti atmosferici (UV, IR, ecc.), elastica e resistente alle sollecitazioni meccaniche e all'usura.

La posa della resina prevede l'applicazione preventiva di un primer sulle superfici da trattare. Successivamente viene applicato un quantitativo idoneo (dosaggio definito dall'impresa e accettato dalla DL) di prodotto sull'area interessata, viene posata un'armatura in tessuto non tessuto sulla resina fresca, assicurandosi che non rimangano bolle d'aria e che il tessuto sia completamente saturo. In seguito, il tessuto viene ricoperto con una seconda mano di resina (Figura 6.1). Successivamente, vengono stesi gli strati in conglomerato bituminoso. Durante l'esecuzione dei risvolti verticali, la temperatura superficiale deve essere almeno di  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  superiore al punto di rugiada e sempre compresa fra  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; la temperatura del supporto deve essere compresa fra  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

La DL, a suo insindacabile giudizio, si riserva la facoltà di autorizzare l'impiego di prodotti aventi caratteristiche diverse da quelle richiamate nel presente paragrafo, in relazione a specifiche esigenze progettuali.

### 6.5. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA E PENALI

I controlli per l'accettazione dello strato impermeabilizzante riguardano:

- 1) i materiali costituenti;
- 2) lo strato finito.

Tenendo conto che la lavorazione riguarda impalcato di opere in c.a., il concetto di lotto è assimilabile all'intera estensione dell'intervento.

Nei successivi paragrafi, riguardanti i materiali costituenti e lo strato finito, sono descritti dettagliatamente i controlli e le corrispondenti penali.

In alternativa all'applicazione delle penali, la DL, si riserva, a suo insindacabile giudizio, la facoltà di rifacimento a cura e a spese dell'Impresa della lavorazione non conforme.

## 6.5.1. CONTROLLI E PENALI SUI MATERIALI

### 6.5.1.1. LEGANTE BITUMINOSO

I controlli sul legante bituminoso impiegato per l'esecuzione dell'impermeabilizzazione in accordo a quanto descritto nel paragrafo §6.2.1.1 e nel paragrafo §6.3.1.1, vengono eseguiti prelevando il prelievo di 1 kg di legante.

Valori difformi rispetto ai limiti prescritti dalle presenti NTA potranno dar luogo, a giudizio insindacabile della DL, all'applicazione di penali di seguito richiamate.

Relativamente ai limiti indicati nell'Articolo 2 (paragrafo §2.4 – Tabella 2.5) per i leganti bituminosi, la mancata rispondenza ad almeno una delle seguenti 4 caratteristiche:

- viscosità dinamica a T = 160 °C (UNI EN 13302 e/o UNI EN 13702);
- penetrazione (UNI EN 1426);
- punto di rammollimento (UNI EN 1427);
- ritorno elastico a T = 25 °C (UNI EN 13398)

comporterà la penalizzazione del 10% del prezzo di tutto l'intervento.

Saranno considerati idonei i leganti bituminosi le cui caratteristiche risulteranno conformi alle specifiche di cui al paragrafo §2.4, alle quali si applicano le tolleranze di seguito riportate:

- Punto di Rammollimento: variazione di 5 °C rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Penetrazione a 25°C: variazione di 5 dmm rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Viscosità dinamica a 160 °C: variazione di 0.1 Pa\*s rispetto al limite inferiore e/o superiore.
- Ritorno elastico a 25 °C: variazione di 5 punti percentuali rispetto al limite inferiore e/o superiore.

A insindacabile giudizio della DL, valori al di fuori delle tolleranze sopra riportate comporteranno la rimozione del prodotto e degli strati sovrastanti già realizzati, nonché il rifacimento degli stessi, a completa cura e spese dell'impresa. La penale sarà applicata all'intera estensione dell'intervento.

### 6.5.1.2. AGGREGATI FINI

I controlli sugli aggregati fini impiegati per l'esecuzione dell'impermeabilizzazione descritta nel paragrafo §6.2 vengono eseguiti in relazione alla singola lavorazione.

A insindacabile giudizio della DL, l'accettazione degli aggregati è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti tecnici riportati nel paragrafo §6.2.1.3. La mancata rispondenza a tali requisiti comporterà la penalizzazione del 10% del prezzo di tutto l'intervento.

### 6.5.1.3. CONTENUTO DI LEGANTE

I controlli sul contenuto di legante bituminoso presente nella cappa di mastice d'asfalto impiegato per l'esecuzione dell'impermeabilizzazione di cui al paragrafo §6.2, vengono eseguiti in relazione alla singola lavorazione.

A insindacabile giudizio della DL, l'accettazione del materiale è subordinata alla verifica del soddisfacimento dei requisiti riportati nel paragrafo §6.2.1.1. La mancata rispondenza a tali requisiti comporterà la penalizzazione del 10% del prezzo di tutto l'intervento.

A insindacabile giudizio della DL, contenuti di legante ritenuti eccessivamente bassi comporteranno la rimozione del prodotto e degli strati sovrastanti già realizzati, nonché il rifacimento degli stessi, a completa cura e spese dell'impresa. La penale sarà applicata all'intera estensione dell'intervento.

#### 6.5.1.4. TESSUTO NON TESSUTO E MEMBRANA

In base alla tipologia di lavorazione prevista (membrana in opera e membrana bituminosa preformata e armata), i prodotti forniti dall'Impresa devono rispettare i requisiti riportati, rispettivamente, in Tabella 6.1 e Tabella 6.3.

Qualora a seguito dei controlli effettuati sul prodotto (ogni 5000 m<sup>2</sup> di lavorazione) presso un laboratorio autorizzato e nominato dalla DL, i requisiti non dovessero corrispondere a quelli richiesti, la stessa DL, a suo insindacabile giudizio, può richiedere la rimozione del prodotto e degli strati sovrastanti già realizzati, nonché il rifacimento degli stessi, a completa cura e spese dell'impresa.

#### 6.5.2. CONTROLLI SULLO STRATO FINITO

La DL deve, in fase di esecuzione, verificare che l'installazione avvenga in coerenza con le specifiche tecniche approvate. La non corretta posa in opera dello strato impermeabilizzante (es. anomalie di stesa, giunti longitudinali o trasversali mal eseguiti) comporterà, a discrezione della DL, la rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa dello strato stesso.

A insindacabile giudizio della DL possono inoltre essere eseguiti, ove ritenuti necessari, i seguenti controlli:

- spessore medio dello strato che deve corrispondere allo spessore di progetto. Il numero di carote da prelevare per il controllo degli spessori viene definito dalla DL, a suo insindacabile giudizio, in maniera tale da ottenere un numero di misurazioni sufficientemente rappresentative dello spessore dello strato impermeabilizzante. Di norma si deve evitare di prelevare carote in prossimità dei bordi dell'intervento e/o dei giunti di lavorazione. Lo spessore medio è calcolato eseguendo la media aritmetica degli spessori dello strato considerato, misurati per ciascuna carota prelevata. È ammessa una tolleranza rispetto allo spessore ordinato pari al 10%. Qualsiasi insufficienza nello spessore superiore alla tolleranza prevista, è penalizzata applicando una detrazione pari al 10% del prezzo di tutto l'intervento. Nel caso in cui la differenza con il valore di progetto superi il 30%, esclusa la tolleranza, e il lavoro non sia ritenuto accettabile, la DL può richiedere, a suo insindacabile giudizio, la rimozione del prodotto e degli strati sovrastanti già realizzati, nonché il rifacimento degli stessi, a completa cura e spese dell'impresa;
- resistenza a taglio delle interfacce tra il supporto in calcestruzzo e lo strato superiore in conglomerato bituminoso, per la valutazione dell'efficienza dello strato impermeabilizzante. Tale verifica viene eseguita sulle stesse carote utilizzate per il controllo dello spessore dell'impermeabilizzazione. La verifica della resistenza a taglio all'interfaccia viene eseguita mediante prove di laboratorio Leutner (Shear Bond Test SBT, UNI EN 12697-48), su provini cilindrici bistrato (diametro nominale pari a 100 mm oppure 150 mm e spessore minimo di ciascuno strato pari a 30 mm) ad una velocità di 50,8 mm/min, senza l'applicazione di sforzo normale e ad una temperatura di riferimento pari a 20 °C. Il valore di resistenza a taglio di una interfaccia posta ad una profondità maggiore di 75 mm rispetto alla superficie della pavimentazione, ottenuto su carote di diametro nominale pari a 100 mm, deve essere  $\geq 0,40$  MPa. Per valori medi della resistenza al taglio inferiori a quelli indicati viene applicata una penale pari al 10% del prezzo di tutto l'intervento. A insindacabile giudizio della DL, valori di resistenza a taglio all'interfaccia ritenuti eccessivamente bassi comporteranno la rimozione del prodotto e degli strati sovrastanti già realizzati, nonché il rifacimento degli stessi, a completa cura e spese dell'impresa. La penale sarà applicata all'intera estensione dell'intervento.

## 7. TRATTAMENTI SUPERFICIALI D'IRRUIDIMENTO

### 7.1. TRATTAMENTO AD ALTA ADERENZA (MONO STRATO MONO GRANULARE) CON RESINA BICOMPONENTE ED AGGREGATI AD ELEVATA RUGOSITA' ED ALTA RESISTENZA ALL'ABRASIONE

#### 7.1.1. DESCRIZIONE

Il trattamento consiste nell'operazione di irruvidimento del manto stradale da effettuare con aggregati di elevate caratteristiche di resistenza all'abrasione ed all'urto, saldati tramite resina bicomponente da applicare sulla pavimentazione preesistente.

#### 7.1.2. AGGREGATI

Gli aggregati impiegati, ove previsto, devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE attestante la conformità alla norma europea armonizzata di riferimento UNI EN 13242 (allegato ZA).

L'aggregato deve essere bauxite calcinata rientrante nella classe granulometrica  $d/D = 1/4$  mm.

In alternativa, previa approvazione della DL in accordo con la struttura PLB, si può utilizzare un aggregato naturale o artificiale, rientrante nella stessa classe granulometrica, che risponda ai seguenti requisiti:

- resistenza alla frammentazione LA determinata mediante la prova Los Angeles (UNI EN 1097-2)  $LA \leq 22$ ;
- il valore di levigabilità PSV (UNI EN 1097-8) deve essere  $\geq 52$ ;

#### 7.1.3. LEGANTE SINTETICO

Il legante sintetico deve essere composto da resine bicomponenti, generalmente a base epossidica-amminica, e possedere caratteristiche specifiche che saranno valutate e approvate dalla DL prima dell'applicazione sulla base di una adeguata documentazione tecnica fornita dall'Impresa, eventualmente integrata da specifiche indagini di laboratorio. In particolare, il legante sintetico deve risultare perfettamente compatibile con il substrato a base bituminosa (conglomerato bituminoso) e gli aggregati.

#### 7.1.4. POSA IN OPERA

Preventivamente la superficie stradale da trattare deve essere vigorosamente spazzolata, per eliminare le polveri e qualsiasi corpo estraneo. Inoltre, non devono essere presenti macchie d'umidità sulla superficie, eventualmente da rimuovere mediante getto d'aria calda. Eventuali presenze di olio sulla superficie stradale devono essere rimosse usando una soluzione detergente, seguita da un risciacquo con acqua pulita.

Le strisce esistenti della segnaletica orizzontale, di materiale termoplastico, devono essere asportate mediante irradiazione e/o bocciardatura.

I componenti della resina devono essere portati a temperature idonee per facilitarne la spruzzatura.

La resina deve essere spruzzata sulla superficie stradale tramite un sistema a bassa pressione controllato elettronicamente che consenta un continuo monitoraggio dei parametri di miscelazione dei due componenti e del dosaggio di stesa da parte dell'operatore. Il dispositivo di controllo elettronico deve essere, inoltre, in grado di indicare istantaneamente con segnale sonoro e visivo la presenza, e la possibile causa, di una anomalia nel circuito. Il sistema di miscelazione deve garantire una perfetta omogeneizzazione dei componenti della resina nonché un controllo costante del rapporto stechiometrico di miscelazione che consenta di verificare il rispetto della tolleranza indicato nella scheda di prodotto. I dosaggi, espressi in kg/m<sup>2</sup>, di resina e di graniglia da applicare sulle pavimentazioni variano in funzione del piano di posa interessato e della granulometria della graniglia da utilizzare e devono essere compresi nei limiti riportati in Tabella 7.1

Tabella 7.1

	RESINA kg/m <sup>2</sup>	GRANIGLIA (dopo pulizia) kg/m <sup>2</sup>
Granulometria 1/4 mm:	0.9÷3.0	5÷10

N.B.: I dosaggi dei materiali impiegati devono essere approvati dalla DL in funzione della tessitura superficiale del piano di posa.

La graniglia deve essere distribuita accuratamente attraverso una idonea attrezzatura approvata dalla DL. In particolare, il veicolo spandigraniglia deve avere la possibilità di controllare e variare la quantità della graniglia distribuita. Inoltre, gli pneumatici del veicolo utilizzato per l'applicazione della graniglia devono essere di larghezza adeguata al fine di prevenire un'eccessiva concentrazione del carico sulla superficie trattata.

## 7.2. IRRUVIDIMENTO CON MACCHINA PALLINATRICE

Le superfici con ridotto valore del Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT – vedi paragrafo §10.2.1) possono essere riportate a valori superiori con macchine irruviditrici a secco denominate "pallinatrici", che non lasciano le superfici trattate con striature orientate in senso longitudinale o trasversale, per non incrementare il rumore di rotolamento e non creare l' "effetto rotaia".

I pallini proiettati dalla macchina vanno recuperati per aspirazione e/o per attrazione magnetica e reimpiegati previa eliminazione e stoccaggio delle particelle distaccate dai manti stradali, in modo da innalzare i valori di macrotessitura (TEX – vedi paragrafo §10.2.1) ed ottenere il massimo incremento possibile per il CAT, in relazione al tipo di miscele presenti nel punto trattato.

## 7.3. RUMBLE STRIPS

Le rumble strips sono delle bande sonore in grado di emettere un marcato rumore di rotolamento al passaggio degli pneumatici, causando al contempo una moderata vibrazione del veicolo.

Tali bande sonore, ottenute con una particolare tipologia di irruvidimento, vanno eseguite in corrispondenza dei margini della carreggiata (o di corsia nella mezzera delle rampe di svincolo bidirezionali) e sono finalizzate a richiamare l'attenzione del conducente (es. nel caso di distrazione per uso di dispositivi elettronici, colpo di sonno) per contrastare fenomeni di svio del traffico veicolare.

Da un punto di vista esecutivo, l'intervento consiste in bande di fresatura, a geometria definita, che vengono realizzate da una fresa sagomata in maniera tale che il rullo fresante crei nel manto stradale delle strisce fresate di profondità non superiore a 10 mm, come da schema di riportato in Figura 7.1.

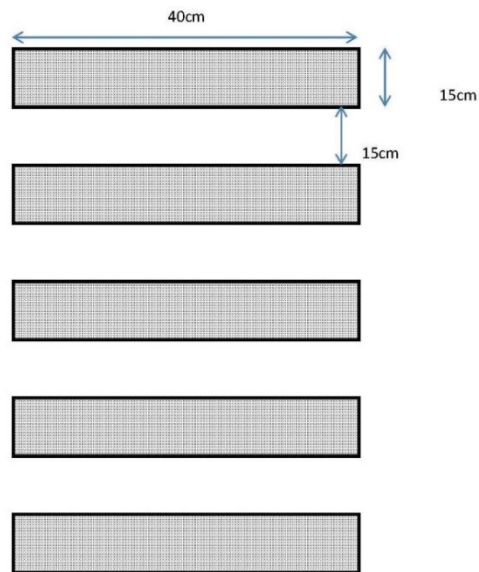


Figura 7.1

La DL deve comunicare all'impresa l'esatta posizione trasversale delle rumble strips sulla carreggiata.

In caso di esecuzione su nuova pavimentazione, le rumble strips possono essere realizzate solo trascorso un tempo minimo di 3 settimane dalla stesa della pavimentazione.

Le rumble strips sono da considerarsi in corso di sperimentazione, la DL, previo accordo con l'impresa, si riserva la facoltà di modificare in qualsiasi momento la geometria di realizzazione.

## 8. SIGILLATURA DI FESSURE O DI GIUNTI DI STRISCIATA

Gli interventi di sigillatura delle fessure presenti sulla pavimentazione longitudinalmente o trasversalmente devono essere effettuati tempestivamente in modo da bloccare o contenere il fenomeno di rottura appena questo si manifesta, evitando così la veloce degradazione del tappeto, soprattutto nei casi di distacco del giunto longitudinale di strisciata.

Se le lesioni sono molto diffuse la DL deve effettuare una attenta valutazione economica per stabilire l'intervento più idoneo tra quelli elencati nel seguito.

### 8.1. SIGILLATURA DELLE FESSURE DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

La sigillatura delle fessure delle pavimentazioni, eseguita con bitumi modificati colati a caldo, deve essere effettuata con idonee attrezzature in grado di effettuare operazioni di pulitura delle stesse fessure per tutta la profondità, riscaldamento delle pareti e colatura del legante fino alla loro completa otturazione.

In particolare, tali attrezzature devono essere costituite da una apparecchiatura per l'allargamento superficiale delle fessure, da un compressore che attraverso una lancia termica munita di un dispositivo di riscaldamento eroga aria calda e da una caldaia capace di mantenere costante ed uniforme la temperatura del prodotto.

Da un punto di vista operativo, per fessure di ampiezza compresa tra 3 mm e 12 mm, si procede preliminarmente all'allargamento superficiale delle fessure mediante idonea attrezzatura (dispositivi dotati di ruote dentate denominati "rotary impact routers" oppure, sebbene meno raccomandate, seghe diamantate) per una larghezza compresa tra 15 mm e 30 mm ed una profondità di almeno 20 mm.

Prima dell'applicazione del legante, le fessure devono essere perfettamente pulite ed asciugate al fine di garantire una adesione ottimale tra il legante ed i bordi della fessura stessa. A tale proposito, deve essere previsto un trattamento con un getto di aria calda per mezzo della lancia termica allo scopo di:

- ottenere la perfetta e profonda pulitura della fessura;
- eliminare eventuali tracce di umidità;
- riscaldare le pareti ad una temperatura di circa 80 °C evitando surriscaldamenti eccessivi che potrebbero danneggiare il legante presente nel conglomerato bituminoso circostante, indebolendo i bordi della fessura.

Il sigillante del tipo bitume modificato (vedi paragrafo §2.3, Tabella 2.4) uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida deve essere versato con apposito dispositivo nell'interno della lesione fino alla sua completa otturazione assicurando la saturazione di eventuali microlesioni superficiali ai bordi della stessa lesione con la creazione di una striscia continua della larghezza variabile da 2 a 5 cm.

Questo tipo di intervento può essere anche prescritto prima della stesa di un tappeto di rinforzo quando il supporto presenta lesioni superficiali tali che non risulta conveniente realizzare interventi di sostituzione totale dello stesso supporto.

I leganti bituminosi impiegati dovranno essere qualificati in conformità Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE attestante la conformità alla norma europea armonizzata di riferimento UNI EN 14023 (allegato ZA).

Per una riuscita ottimale della sigillatura, l'intervento dovrebbe essere eseguito in primavera oppure in autunno e mai durante periodi estivi.

L'esecuzione della sigillatura deve essere sospesa immediatamente in caso di pioggia o di temperature superficiali della pavimentazione inferiori a 10 °C.

## 8.2. SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

Si richiamano espressamente le norme di cui al precedente paragrafo §8.1. Inoltre, in questo caso, occorre aver cura di asportare anche con sistemi tradizionali eventuali parti estranee di conglomerato bituminoso non addensato nella zona fra pavimentazione-cordolo (o New Jersey).

## 8.3. SIGILLATURA DI LESIONI LONGITUDINALI / TRASVERSALI O MEDIANTE NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO ED AUTOADESIVO

### 8.3.1 DESCRIZIONE

Il nastro in bitume modificato preformato industrialmente deve essere impiegato per:

- sigillare e chiudere fessure superficiali al fine di impedire l'infiltrazione di acqua negli strati sottostanti;
- sigillare e collegare giunti di stesa e di ripresa per impedire la disgregazione del conglomerato bituminoso;
- impedire, nel caso di miscele drenanti, eventuali fenomeni di sgranamento superficiale in corrispondenza dei giunti e delle fessure superficiali.

Più in generale, il nastro autoadesivo può essere impiegato in tutti i casi di discontinuità della pavimentazione.

### 8.3.2 COMPOSIZIONE E CARATTERISTICHE GEOMETRICHE

Il nastro è composto da bitume 70/100 modificato con una percentuale minima di polimeri SBSr pari al 16% in peso. La larghezza del nastro deve essere compresa tra 40 mm a 100 mm con spessore pari a 4 mm + 0.2 mm.

### 8.3.3 REQUISITI DI IDONEITÀ

Ogni fornitura dovrà essere accompagnata da scheda tecnica e scheda di sicurezza, e rispondere ai seguenti requisiti:

- Punto di rammollimento (UNI EN 1427) > 200°C
- Penetrazione (UNI EN 1426) ≤ 30 dmm

### 8.3.4 POSA IN OPERA

La posa in opera del nastro deve essere eseguita su superfici asciutte e libere da impurità (es. oli contaminanti, polveri e detriti, residui di polverino di gomma degli pneumatici), con temperatura dell'aria ≥ 10 °C (per temperature inferiori l'applicazione non è consentita).

Da un punto di vista esecutivo, il nastro viene semplicemente appoggiato sulla fessura per poi raggiungere un ancoraggio definitivo sotto l'azione dei carichi trasmessi dal traffico.



Terminata l'applicazione, la superficie del nastro deve essere cosparsa uniformemente con materiale idoneo (polvere di ardesia, calce, cemento, gesso o filler) per evitare nella fase iniziale fenomeni di adesione tra nastro e pneumatici che potrebbero comportare la rimozione o inficiare il corretto posizionamento al di sopra della fessura.

Il nastro non deve essere utilizzato:

- su fessure trasversali;
- su fessure di larghezza inferiore a 5 mm o superiore a 20 mm.

In tali casi le fessure devono essere sigillate con bitume modificato colato a caldo senza usare il nastro preformato (vedi paragrafo §8.1).

In funzione della larghezza della fessura devono essere impiegati nastri di adeguata larghezza. In particolare, il rapporto tra la larghezza del nastro e la larghezza della fessura deve essere  $\geq 2,5$ . Ne consegue che nastri di diversa larghezza hanno campi di utilizzo di seguito elencati:

- a) larghezza nastro pari a 40 mm: utilizzabile per fessure di larghezza  $\leq 16$  mm;
- b) larghezza nastro pari a 40 mm: utilizzabile per fessure di larghezza  $\leq 20$  mm;
- c) larghezza nastro pari a 100 mm: indicata solo in caso di sigillature particolari.

## 9. RIDUZIONE DELLA FESSURAZIONE DI RIFLESSIONE E RINFORZO STRUTTURALE PAVIMENTAZIONI

### 9.1. RIDUZIONE DELLA FESSURAZIONE DI RIFLESSIONE

Nel caso di demolizione e ricostruzione anche parziale degli strati in conglomerato bituminoso, al fine di ridurre il fenomeno della fessurazione di riflessione (aumentando la durata a fatica) e prevenire possibili infiltrazioni di acqua proveniente dalla superficie stradale, nel caso di pavimentazioni:

- poste a cavallo di un giunto di ripresa longitudinale;
- che presentano fessurazioni sul fondo del cavo fresato;

è prevista la posa in opera di un geocomposito, ottenuto dall'accoppiamento di una geomembrana auto-termo-adesiva (realizzata con un compound bituminoso elastomerico SBS) con un geosintetico di rinforzo, dotato di idonee caratteristiche (vedi paragrafo §9.1.1). L'utilizzo del geocomposito può essere anche previsto sui giunti longitudinali fra lastra di pavimentazione composita polifunzionale (PCP) e pavimentazione semirigida/flessibile affiancata, prima della stesa della mano d'attacco nel caso di ricostruzione dell'usura drenante sovrastante.

Da un punto di vista esecutivo, l'applicazione del geocomposito deve avvenire su una superficie fresata perfettamente regolare garantendo l'assenza di una macrotessitura eccessiva attraverso la limitazione della velocità di avanzamento durante le operazioni di fresatura a freddo della pavimentazione, da definire in accordo alla DL in funzione del tipo di apparecchiatura di cui dispone l'Impresa.

Al termine della fresatura, deve essere eseguita una accurata rimozione del materiale residuo mediante spazzolatura a secco prevedendo, a discrezione della DL, una finitura con l'ausilio di getti di aria compressa. La profondità del piano di posa del geocomposito rispetto alla superficie della pavimentazione finita deve essere almeno pari a 7 cm.

Prima dell'applicazione del geocomposito sulla superficie fresata, si deve verificare che la pavimentazione sia perfettamente asciutta e che la temperatura superficiale sia  $\geq 10$  °C (condizioni ottimali di utilizzo si hanno per  $T_{sup} \geq 20$  °C).

Qualora non si verifichi una o entrambe le condizioni richiamate, la posa in opera del geocomposito non è consentita ed eventuali violazioni da parte dell'Impresa comporteranno l'applicazione di una penale del 10% sul prezzo della lavorazione oppure, ad insindacabile giudizio della DL, la completa rimozione e l'applicazione del nuovo geocomposito a perfetta regola d'arte a spese e cura dell'Impresa.

Nel caso di applicazione al di sopra di un giunto longitudinale, la larghezza trasversale minima del geocomposito deve essere pari ad almeno 50 cm (minimo 25 cm rispetto ad entrambi i lati della fessura, necessari per garantire un adeguato ancoraggio trasversale al geocomposito).

L'applicazione dei fogli di geocomposito deve avvenire garantendo una sovrapposizione di testa fra fogli consecutivi di almeno 15 cm effettuata in modo che il lembo superiore sia disposto lungo il senso di marcia della finitrice.

Prima della posa in opera dello strato in conglomerato bituminoso, i geocompositi devono essere sottoposti ad una compattazione preferibilmente con rullo gommato per favorire una perfetta adesione alla superficie fresata ed evitare la formazione di pieghe durante il passaggio della finitrice e dei mezzi di cantiere.

Al fine di garantire un ancoraggio ottimale del geocomposito al piano di posa, il conglomerato bituminoso sovrastante deve essere posto in opera ad una temperatura  $\geq 150$  °C (temperature inferiori di stesa possono essere autorizzate ad insindacabile giudizio della

DL) per promuovere un'adeguata fusione del compound bituminoso elastomerico e la conseguente attivazione dello speciale strato auto-termo-adesivo posto alla base del geocomposito.

Relativamente ai requisiti richiesti per la miscela di conglomerato bituminoso applicata sopra il geocomposito e alle relative lavorazioni strettamente connesse, si rimanda a quanto prescritto nell'Articolo 4.

### 9.1.1. REQUISITI DI IDONEITÀ DEI GEOCOMPOSITI PER FESSURE DI RIFLESSIONE

I geocompositi devono essere ottenuti dall'accoppiamento di una geomembrana auto-termo-adesiva (realizzata con un compound bituminoso elastomerico SBS) e di una armatura costituita da geosintetici di rinforzo (multistrato in poliestere non tessuto stabilizzato ad elevatissima grammatura e fibre di vetro multidirezionali e/o geogriglie in fibra di vetro).

I geocompositi devono essere qualificati in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Prima di ogni fornitura l'Impresa è tenuta a produrre la Dichiarazione di prestazione (DoP) e la marcatura CE attestante la conformità alla norma europea armonizzata di riferimento UNI EN 14695.

I geocompositi devono essere dotati di una superficie inferiore auto-termo-adesiva (per favorire l'adesione con lo strato di conglomerato bituminoso sottostante) ricoperta da un film protettivo da asportare all'atto della messa in opera. Inoltre, i geocompositi devono essere provvisti di una superficie superiore ricoperta con un fine strato minerale per evitare (soprattutto in climi caldi) l'adesione alle ruote dei mezzi di cantiere e promuovere la solidarizzazione con lo strato di conglomerato bituminoso sovrastante al momento della stesa a caldo.

I geocompositi, forniti in rotoli opportunamente stoccati durante le lavorazioni e di larghezza pari ad almeno 1 m (50 cm nel caso di fessure dovute a giunti longitudinali), devono avere modalità di applicazione compatibili con le normali pratiche di manutenzione stradale e caratteristiche conformi alle specifiche riportate in Tabella 9.1.

Tabella 9.1

Caratteristica	Norma	Requisito
Spessore	UNI EN 1849-1	≥ 2,5 mm
Resistenza a trazione L/T	UNI EN 12311-1	≥ 35 kN/m
Allungamento a rottura L/T	UNI EN 12311-1	≥ 4%
Resistenza alla compattazione di uno strato di congl. bitum.	UNI EN 14692	esito positivo
Impermeabilità dinamica ad una pressione di 500 kPa	UNI EN 14694	esito positivo

### 9.2. RINFORZO STRUTTURALE PAVIMENTAZIONI

Nel caso di pavimentazioni che presentano dissesti di tipo strutturale, per i quali si rendano necessari interventi di ripristino della capacità portante realizzati tramite la sostituzione degli strati ammalorati, sul fondo del cavo fresato si potrà richiedere la posa in opera di geocompositi.

I geocompositi sono ottenuti dall'accoppiamento di una geomembrana auto-termo-adesiva (realizzata con un compound bituminoso elastomerico SBS) con un geosintetico di rinforzo, dotato di idonee caratteristiche (vedi paragrafo §9.2.1).

L'applicazione del geocomposito, estesa alla singola corsia di marcia oppure a più corsie, può essere prevista per interventi di risanamento strutturale limitando la profondità della pavimentazione esistente da rimuovere mediante fresatura, apportando i seguenti benefici:

- Incremento della vita utile a fatica;
- Maggiore diffusione delle tensioni verticali sugli strati non legati;
- Contenere la risalita di fessure esistenti (fessurazione di riflessione) agendo come stress absorbing membrane interlayer (SAMI);
- Evitare infiltrazioni di acqua negli strati profondi e conseguenti risalite di materiale fino;
- Favorire lavorazioni notturne su tratte ad elevato traffico.

Da un punto di vista esecutivo, l'applicazione del geocomposito deve avvenire su una superficie fresata perfettamente regolare, garantendo l'assenza di una macrotessitura eccessiva attraverso la limitazione della velocità di avanzamento durante le operazioni di fresatura a freddo della pavimentazione, da definire in accordo alla DL in funzione del tipo di apparecchiatura di cui dispone l'Impresa.

Al termine della fresatura, deve essere eseguita una accurata rimozione del materiale residuo mediante spazzolatura a secco prevedendo, a discrezione della DL, una finitura con l'ausilio di getti di aria compressa. La profondità del piano di posa del geocomposito rispetto alla superficie della pavimentazione finita deve essere almeno pari a 7 cm.

Prima dell'applicazione del geocomposito sulla superficie fresata, si deve verificare che la pavimentazione sia perfettamente asciutta e che la temperatura superficiale sia  $\geq 10$  °C (condizioni ottimali di utilizzo si hanno per  $T_{sup} \geq 20$  °C). Qualora non si verificano anche solo una delle condizioni richiamate, la posa in opera del geocomposito non è consentita ed eventuali violazioni da parte dell'Impresa comporteranno l'applicazione di una penale del 10% sul prezzo della lavorazione oppure, ad insindacabile giudizio della DL, la completa rimozione e l'applicazione del nuovo geocomposito a spese e cura dell'Impresa.

L'applicazione dei fogli di geocomposito deve avvenire in direzione longitudinale parallela all'asse della carreggiata, avendo cura di allineare i fogli e distenderli senza pieghe, garantendo una sovrapposizione longitudinale tra fogli adiacenti di almeno 10 cm ed una sovrapposizione di testa fra fogli consecutivi di almeno 15 cm effettuata in modo che il lembo superiore sia disposto lungo il senso di marcia della finitrice. È raccomandato lo sfalsamento dei sormonti di testa di almeno 50 cm al fine di evitarne la sovrapposizione.

Prima dell'applicazione dello strato in conglomerato bituminoso, i geocompositi devono essere sottoposti ad una compattazione preferibilmente con rullo gommato per favorire una perfetta adesione alla superficie fresata ed evitare la formazione di pieghe durante il passaggio della finitrice e dei mezzi di cantiere.

Al fine di garantire un ancoraggio ottimale del geocomposito al piano di posa, il conglomerato bituminoso sovrastante deve essere posto in opera ad una temperatura  $\geq 150$  °C (temperature inferiori di stesa possono essere autorizzate ad insindacabile giudizio della DL) per promuovere un'adeguata fusione del compound bituminoso elastomerico e la conseguente attivazione dello speciale strato auto-termo-adesivo posto alla base del geocomposito.

Relativamente ai requisiti richiesti per la miscela di conglomerato bituminoso applicata sopra il geocomposito e alle relative lavorazioni strettamente connesse, si rimanda a quanto prescritto nell'Articolo 4.

### 9.2.1. REQUISITI DI IDONEITÀ DEI GEOCOMPOSITI PER RINFORZO STRUTTURALE

I geocompositi devono essere ottenuti dall'accoppiamento di una geomembrana auto-termo-adesiva (realizzata con un compound bituminoso elastomerico SBS) e di una armatura costituita da geosintetici di rinforzo (multistrato in poliestere non tessuto stabilizzato ad elevatissima grammatura e fibre di vetro multidirezionali e/o geogriglie in fibra di vetro).

I geocompositi devono essere qualificati in conformità al regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura deve essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) e dalla marcatura CE attestante la conformità alla norma europea armonizzata di riferimento UNI EN 14695.

I geocompositi devono essere dotati di una superficie inferiore auto-termo-adesiva (per favorire l'adesione con lo strato di conglomerato bituminoso sottostante) ricoperta da un film protettivo da asportare all'atto della messa in opera. Inoltre, i geocompositi devono essere provvisti di una superficie superiore ricoperta con un fine strato minerale per evitare (soprattutto in climi caldi) l'adesione alle ruote dei mezzi di cantiere e promuovere la solidarizzazione con lo strato di conglomerato bituminoso sovrastante al momento della stesa a caldo.

I geocompositi, forniti in rotoli opportunamente stoccati durante le lavorazioni e di larghezza pari ad almeno 1 m, devono avere modalità di applicazione compatibili con le normali pratiche di manutenzione stradale e caratteristiche conformi alle specifiche riportate in Tabella 9.2.

Tabella 9.2

Caratteristica	Norma	Requisito
Spessore	UNI EN 1849-1	≥ 2,5 mm
Resistenza a trazione L/T	UNI EN 12311-1	≥ 35 kN/m
Allungamento a rottura L/T	UNI EN 12311-1	≥ 4%
Resistenza alla compattazione di uno strato di congl. bitum.	UNI EN 14692	esito positivo
Impermeabilità dinamica ad una pressione di 500 kPa	UNI EN 14694	esito positivo

Affinché le pavimentazioni con geocompositi raggiungano prestazioni strutturali ottimali, in fase di prequalifica è necessario verificare sia il comportamento a taglio dell'interfaccia rinforzata, sia l'efficienza del geocomposito nel contrastare la fase di propagazione di fessure indotte mediante l'applicazione di carichi flessionali. A tale proposito, la resistenza a taglio di interfacce rinforzate, valutata su provini confezionati in laboratorio, deve essere conforme alle specifiche riportate in Tabella 9.3. Inoltre, per quanto concerne le prestazioni nei confronti della propagazione di fessure indotte per flessione, il geocomposito deve restituire un coefficiente di prestazione  $k_{norm} \geq 5,00$ , calcolato mediante procedura interna ASPI (Allegato) sulla base di prove di flessione su 3 punti (3PB) eseguite su provini bistrato confezionati con miscele di base/binder "hard" mediante Roller Compactor alla densità di progetto N2 ottenuta con pressa giratoria a  $N_{des}$ .

Tabella 9.3

Requisiti resistenza a taglio di interfacce rinforzate con geocompositi		
Fase di Controllo	Leutner (SBT, UNI EN 12697-48) 20 °C; 50 mm/min	ASTRA (CSBT, UNI EN 12697-48) 20 °C; 2,5 mm/min; 0,2 MPa
Prequalifica in laboratorio	≥ 0,70 MPa	≥ 0,40 MPa

La preparazione dei provini in laboratorio utilizzando un conglomerato bituminoso modificato per strati di collegamento (aggregati con  $D_{max} = 22,4$  mm) prevede la realizzazione di piastre bistrato di spessore pari a (4 + 4) cm mediante Roller Compactor in conformità alla norma UNI EN 12697-33 con addensamento pari alla Densità giratoria di progetto-Dg (N2).

Una volta confezionate le piastre si provvederà all'esecuzione di carotaggi per ottenere almeno 4 provini cilindrici bistrato con diametro nominale pari a 100 mm da sottoporre alle prove di taglio all'interfaccia Leutner (Shear Bond Test SBT, UNI EN 12697-48) oppure ASTRA (Compressed Shear Bond Test CSBT, UNI EN 12697-48).

La definizione degli interventi (profondità e posizionamento del geocomposito) viene effettuata su specifica indicazione progettuale fornita dalla DL (eventualmente supportata dalla struttura Pavimentazioni e Laboratori), la scelta del prodotto avviene anche in considerazione delle sopraccitate indicazioni e la posa in opera in conformità alle prescrizioni fornite dal produttore o dalla DL.

Gli interventi di risanamento con geocomposito devono essere programmati in periodi in cui le condizioni meteorologiche consentano una perfetta riuscita del lavoro. La DL, a suo insindacabile giudizio, potrà sospendere l'applicazione del geocomposito quando le condizioni climatiche non consentano una lavorazione a perfetta regola dell'arte.

### 9.2.2. CONTROLLI E PENALI

I controlli relativi ai geocompositi per rinforzo strutturale riguardano la verifica della resistenza a taglio delle interfacce da eseguirsi sulle stesse carote utilizzate per il controllo degli spessori degli strati di conglomerato bituminoso (almeno 4 carote distribuite lungo un tratto elementare di lunghezza pari a 500 m oppure pari alla lunghezza dell'intervento investigato se inferiore).

Le carotatrici utilizzate per il prelievo dovranno consentire l'estrazione della carota attraverso un sistema mediante il quale sia possibile estrarre la carota spingendo il campione fuori dalla corona senza danneggiarlo. Deve essere assolutamente evitata l'estrazione della carota mediante "battitura" sulle pareti laterali della corona che potrebbe arrecare un danno alle interfacce tra gli strati impedendone la corretta "valutazione" e misurazione.

La verifica della resistenza a taglio all'interfaccia tra il nuovo strato di conglomerato bituminoso e quello immediatamente sottostante viene eseguita su carote bistrato prelevate in sito mediante prove di laboratorio Leutner (Shear Bond Test SBT, UNI EN 12697-48) oppure ASTRA (Compressed Shear Bond Test CSBT, UNI EN 12697-48).

I valori minimi di accettazione della resistenza a taglio all'interfaccia ottenuti su carote di diametro nominale pari a 100 mm, differenziati per tipologia di prova eseguita (Leutner oppure ASTRA) sono riportati in Tabella 9.4.

Tabella 9.4

Requisiti resistenza a taglio di interfacce rinforzate con geocompositi		
<i>Fase di Controllo</i>	Leutner (SBT, UNI EN 12697-48) 20 °C; 50 mm/min	ASTRA (CSBT, UNI EN 12697-48) 20 °C; 2,5 mm/min; 0,2 MPa
carotaggi in sito	≥ 0,50 MPa	≥ 0,30 MPa

Per valori medi della resistenza al taglio inferiori a quelli indicati in Tabella 9.4 viene applicata al prezzo di elenco dello strato superiore all'interfaccia una penale pari al 10%.

Ad insindacabile giudizio della DL, valori di resistenza a taglio all'interfaccia ritenuti eccessivamente bassi possono comportare la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a cura e spese dell'Impresa.

La penale è applicata alla superficie ispezionata dai carotaggi (larghezza delle corsie dell'intervento investigato per lunghezza investigata fra prima ed ultima carota di ogni tratto elementare).

## 10. CONTROLLI CON APPARECCHIATURE AD ALTO RENDIMENTO SULLA PAVIMENTAZIONE FINITA E PENALI

Il controllo della qualità della pavimentazione finita viene eseguito con apparecchiature ad alto rendimento. Nella Tavola Sinottica 10.1 è fornito un riepilogo delle penali applicabili descritte nei successivi paragrafi. L'omissione in questo articolo di alcune penali riportate in altre parti delle presenti NTA non ne elimina la validità.

In alternativa all'applicazione delle penali, la DL si riserva, a suo insindacabile giudizio, la facoltà di imporre la rimozione della lavorazione non conforme e il successivo rifacimento a cura e spese a carico dell'Impresa.

TAVOLA SINOTTICA 10.1

	Requisiti	Paragrafo	PENALI
PORTANZA: Fondazione, sottobase, base, a legante idraulico o equiparata (Modulo Elastico E)	Ricompresi nei limiti prescritti	§10.1.1 §10.1.2	10 - 20%
PORTANZA: Conglomerati bituminosi (Modulo Elastico E)	Non inferiori a quelle prescritte	§10.1.1 §10.1.2	10 - 50%
ADERENZA E MACROTESSITURA	Non inferiori a quelle prescritte	§10.2.1 §10.2.2	15%
REGOLARITA'	Non inferiori a quelle prescritte	§10.3.1 §10.3.2	15%

### 10.1. PORTANZA

#### 10.1.1. REQUISITI

Le prove di deflessione dinamica con apparecchiatura Falling Weight Deflectometer (FWD) sono effettuate sulla pavimentazione finita nel caso di lavori di risanamento profondo che prevedano il rinnovo dell'intero pacchetto legato a bitume e sottobase legata.

Per quanto riguarda le caratteristiche strutturali degli strati in conglomerato bituminoso messi in opera, il parametro di riferimento è il modulo elastico che viene ricavato interpretando una serie di misure di deflessione dinamica eseguite dal Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali o da Laboratori terzi scelti dalla DL.

Per l'interpretazione delle misure di deflessione è necessario conoscere gli spessori degli strati della pavimentazione. La valutazione di tali spessori avviene tramite il rilievo in continuo della stratigrafia della pavimentazione eseguito mediante un'apparecchiatura radar ad alto rendimento eventualmente integrato da una serie di carotaggi pianificata dalla Committente, da eseguirsi in numero sufficiente a correlare il segnale rilevato con gli effettivi spessori. Le prove di deflessione dinamica devono essere eseguite sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 90° ed il 200° giorno dalla data di apertura al traffico. Le prove di deflessione dinamica per il calcolo del modulo elastico sono interpretate mediante un idoneo programma di calcolo di Back-Analysis. Il valore ottenuto per gli strati legati a bitume deve essere riportato ad una temperatura di riferimento del conglomerato bituminoso pari a 20 °C.

Le prove dinamiche tipo FWD non devono essere eseguite nel caso di temperature superficiali della pavimentazione superiori a 30 °C, evitando nelle giornate calde (periodo primaverile ed estivo) le ore comprese tra le 10.00 ed il tramonto.

Le misure del bacino di deflessione con apparecchiatura FWD vengono effettuate sulla corsia interessata dal rilievo, con un passo minimo di 50 m per avere a disposizione un campione di dati statisticamente significativo.

Eccezionalmente, per motivi operativi o di interferenza con il traffico, l'intervallo tra le prove può essere esteso fino ad un massimo di 100 m.

Per la valutazione delle caratteristiche strutturali si deve fare riferimento al valore medio del modulo espresso in MPa, ricavato dai moduli risultanti dalle misure puntuali di FWD, relativo a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere l'intera lunghezza di stesa.

Per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 punti di misura e nei quali i valori dei moduli elastici sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale". Le tratte omogenee sono individuate da idoneo programma di calcolo.

### 10.1.2. PENALI

In funzione del valore medio del modulo del pacchetto di strati legati a bitume soggetto a prova, lo stesso pacchetto interessato viene penalizzato in maniera percentuale rispetto al costo secondo i valori elencati in Tabella 10.1 (valida nel caso di conglomerati bituminosi).

Per gli strati eseguiti con:

- misto cementato (paragrafo §3.2 e paragrafo §3.3);
- miscele riciclate a freddo con bitume schiumato oppure emulsione bituminosa e cemento (paragrafo §3.4, paragrafo §3.5 e paragrafo §3.6);
- miscele riciclate a freddo per il miglioramento in sito di strati di fondazione non legati mediante bitume schiumato e cemento (paragrafo §3.7);

il valore del modulo di elasticità calcolato per lo strato interessato deve rientrare all'interno dei valori riportati in Tabella 10.2 in cui sono indicate anche le penali nel caso di violazione dei limiti prescritti da applicare al prezzo dello strato stesso.

Tabella 10.1

MODULO DI ELASTICITÀ (E) del pacchetto di strati legati a bitume soggetti a prova (T = 20 °C)	PENALITÀ per il pacchetto di strati soggetti a prova
$E \geq 5000$ MPa	Prestazione valida
$4000 \text{ MPa} \leq E < 5000$ MPa	Detrazione del 10%
$3500 \text{ MPa} \leq E < 4000$ MPa	Detrazione del 20%
$E < 3500$ MPa	Detrazione del 50%

Tabella 10.2

MISCELA	MODULO DI ELASTICITÀ (E)	PENALITÀ
Misto cementato (§3.2 e §3.3)	$4000 \text{ MPa} \leq E \leq 12000$ MPa	Prestazione valida
	$E > 12000$ MPa	Detrazione del 10%
	$2000 \text{ MPa} \leq E < 4000$ MPa	Detrazione del 10%
	$E < 2000$ MPa	Detrazione del 20%
miscele riciclate a freddo con bitume schiumato oppure emulsione bituminosa e cemento (§3.4, §3.5 e §3.6)	$3000 \text{ MPa} \leq E \leq 10000$ MPa	Prestazione valida
	$E > 10000$ MPa	Detrazione del 10%
	$1500 \text{ MPa} \leq E < 3000$ MPa	Detrazione del 10%
	$E < 1500$ MPa	Detrazione del 20%
miscele riciclate a freddo con bitume schiumato per il miglioramento di strati di fondazione non legati (§3.7)	$2000 \text{ MPa} \leq E \leq 8000$ MPa	Prestazione valida
	$E > 8000$ MPa	Detrazione del 10%
	$1000 \text{ MPa} \leq E < 2000$ MPa	Detrazione del 10%
	$E < 1000$ MPa	Detrazione del 20%



### 10.1.3. RILIEVI CON TRAFFIC SPEED DEFLECTOMETER (TSD)

Nel caso di lavori di risanamento profondo che prevedano il rinnovo dell'intero pacchetto legato a bitume e della sottobase legata, è possibile prevedere in aggiunta alle misure FWD anche l'esecuzione di prove di deflessione dinamica con apparecchiatura Traffic Speed Deflectometer (TSD).

Il rilievo con il TSD deve essere svolto sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 3° ed il 90° giorno dalla data di apertura al traffico. Il rilievo deve avvenire nelle prime ore del mattino, e comunque non oltre le ore 11:00. Sono da considerare validi solo i bacini di deflessione ottenuti con temperatura superficiale della pavimentazione inferiore a 30 °C.

I bacini di deflessione ottenuti con il TSD devono essere restituiti con un passo non inferiore a 10 m ed interpretati mediante un idoneo programma di calcolo di Back-Analysis. Poiché i bacini di deflessione misurati dal TSD sono diversi da quelli misurati dal FWD a causa delle diverse condizioni di misura (entità e modalità di applicazione del carico), ai corrispondenti valori dei moduli elastici non saranno applicati i limiti di accettazione e le penali illustrate al paragrafo §10.1.2.

L'obiettivo nel transitorio è quello di acquisire un database che consenta di governare la progressiva transizione di verifica della portanza da misure con FWD a misure con TSD, essendo quest'ultima apparecchiatura molto più performante e meno impattante con il traffico in esercizio. In tal modo si potrà pervenire alla definizione di nuovi requisiti di portanza e relative penali per gli strati in conglomerato bituminoso e per le sottobasi legate.

## 10.2. ADERENZA E MACROTESSITURA

### 10.2.1. REQUISITI

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (*CAT*) misurato con l'apparecchiatura SCRIM o SUMMS (Norma CNR B.U. n° 147 del 14.12.92).

La relazione tra il valore *CAT* prescritto, denominato  $CAT_{ASPI}$  e quello definito dalla norma CNR, denominato  $CAT_{CNR}$  è la seguente:

$$CAT_{ASPI} = 100 \cdot CAT_{CNR}$$

Per tenere conto degli effetti della temperatura, i valori misurati del  $CAT_{ASPI}$  alla generica temperatura vengono riportati a quelli relativi alla temperatura di riferimento  $CAT_{ASPI20}$  mediante la seguente relazione proposta dal TRRL:

$$CAT_{ASPI20} = CAT_{ASPI} \cdot \left(0.548 + \frac{44.69}{t+80}\right)^{-1}$$

Dove:  $CAT_{ASPI20}$  = valore del *CAT* alla temperatura di riferimento (20 °C)

$t$  = temperatura dell'aria durante la misura in °C

$CAT_{ASPI}$  = valore del *CAT* misurato

I valori minimi di  $CAT_{ASPI20}$ , distinti per tipologia di materiale, sono riportati in Tabella 10.3.

Tabella 10.3

MATERIALE	$CAT_{ASPI20}$
Conglomerati bituminosi "Normali" e "Hard" per usura (tipo CB, CBH)	≥ 58
Conglomerati bituminosi antisdrucchiolo SMA	≥ 60
Conglomerati bituminosi "Normali" e "Hard" per binder (tipo CB, CBH): provvisori	≥ 45
Conglomerati bituminosi drenanti, drenanti strutturali, ipodrenanti (tipo CBD, CBDS, IPD)	≥ 53
Trattamenti ad alta aderenza (tipo TAA)	≥ 85

La macrotestitura superficiale è prescritta in termini di TEX calcolato in funzione delle misure di RMSTD (Root Mean Square Texture Depth), eseguite mediante apparecchiatura SCRIM/SUMMS, e pari a  $TEX = 0,8 \cdot RMSTD$ .

In Tabella 10.4 sono riportati i valori minimi di TEX differenziati per tipologia di materiale.

Tabella 10.4

MATERIALE	TEX
Conglomerati bituminosi "Normali" e "Hard" per usura (tipo CB, CBH)	$\geq 0,3$ mm
Conglomerati bituminosi antisdrucchiolo SMA	$\geq 0,6$ mm
Conglomerati bituminosi "Normali" e "Hard" per binder (tipo CB, CBH): provvisori	$\geq 0,2$ mm
Conglomerati bituminosi drenanti, drenanti strutturali, ipodrenanti (tipo CBD, CBDS, IPD)	$\geq 0,8$ mm
Trattamenti ad alta aderenza (tipo TAA)	$\geq 0,3$ mm

Le misure di  $CAT$  e TEX devono interessare almeno una corsia (marcia o marcia lenta) e essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi aperti (drenanti e ipodrenanti), per i quali le misure vanno eseguite tra il 60° ed il 200° giorno dall'apertura al traffico.

Per quanto riguarda le misure di  $CAT$  e TEX, effettuate con lo SCRIM/SUMMS, deve essere rilevato almeno il 10% della lunghezza coperta da ogni singolo cantiere e le tratte da misurare (di lunghezza sempre superiore a 200 m) possono essere localizzate nei punti dove a giudizio della DL la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia.

Le misure di  $CAT$  e TEX devono essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m e i valori misurati di  $CAT$  e TEX possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici. I valori presi in considerazione sono quelli relativi all'allineamento di misura destro dell'apparato e riportati alla temperatura (dell'aria) di riferimento pari a 20 °C. Per la valutazione delle caratteristiche di aderenza e macrotestitura superficiale si deve fare riferimento ai valori medi di  $CAT_{ASPI20}$  e TEX, ricavati dalle misure puntuali (passo 10 m) o dai valori già mediati ogni 50 m, relativi a ciascuna TRATTA OMOGENEA in cui è possibile suddividere la tratta misurata.

Per TRATTE OMOGENEE si intendono quei tratti di pavimentazione individuati da un idoneo programma di calcolo, nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore e per cui i valori dell'indicatore sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale".

I valori medi di  $CAT_{ASPI20}$  e TEX ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA devono risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

### 10.2.2. PENALI

Qualora il valore medio di  $CAT_{ASPI20}$  o TEX, come definito in precedenza per ciascuna TRATTA OMOGENEA (misure SCRIM o SUMMS), sia inferiore ai valori di  $CAT_{ASPI20}$  o TEX prescritti (vedi paragrafo §10.2.1) ridotti di una tolleranza pari al 10%, il compenso previsto per lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) viene penalizzato del 15% (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva dello strato penalizzato anche se le misure interessano una sola corsia).

La tolleranza non è applicata per quanto riguarda il limite di TEX relativamente ai conglomerati drenanti (CBD, CBDS, IPD).

Qualora il valore medio di  $CAT_{ASPI20}$ , come definito in precedenza per ciascuna TRATTA OMOGENEA, sia inferiore ai seguenti valori di non accettabilità:

- $CAT_{ASPI20} = 40$  per strati di usura drenanti (CBD, CBDS, IPD)
- $CAT_{ASPI20} = 45$  per strati di usura "Normali" (CB) e "Hard" (CBH)
- $CAT_{ASPI20} = 50$  per strati di usura antisdrucchiolo (SMA)
- $CAT_{ASPI20} = 60$  per "Trattamenti ad alta aderenza"

l'impresa deve procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza ed alla stesa di un nuovo strato che è comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo ed agli stessi requisiti di aderenza e macrotessitura precedentemente descritti.

In alternativa a quest'ultima operazione (ad esclusione dei trattamenti ad alta aderenza) si può procedere all'effettuazione di trattamenti di irruvidimento per portare i/il valore/i deficitario/i al disopra della soglia di non accettabilità.

Se comunque al termine di tali operazioni di irruvidimento, pur nel caso in cui i valori di  $CAT_{ASP120}$  siano risaliti al disopra dei valori di soglia di non accettabilità, ma non si raggiungano i valori prescritti (v. paragrafo §10.2.1) viene applicata la detrazione del 20% del prezzo.

## 10.3. REGOLARITÀ

### 10.3.1. REQUISITI

La regolarità della superficie di rotolamento dei pneumatici è valutata mediante l'indice IRI (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 - The International Road Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione, e dovrà essere inferiore od uguale a 1,8 mm/m nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata, ed inferiore od uguale a 2,0 mm/m nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata.

Queste prescrizioni valgono per:

- Conglomerati Bituminosi tipo CB, CBH
- Conglomerati Bituminosi rigenerati in sito
- Conglomerati Bituminosi tipo CB, CBH
- Conglomerati Bituminosi drenanti tipo CBD, CBDS, IPD

La valutazione della regolarità di un intervento può essere effettuata solo se lo spessore dello strato/pacchetto ricostruito è di almeno 4 cm.

Le misure del profilo longitudinale devono interessare almeno una corsia (marcia o marcia lenta) e essere eseguite in un periodo di compreso tra il 4° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico utilizzando l'apparecchiatura ARAN (o equivalente).

Deve essere rilevato almeno il 50% della lunghezza coperta da ogni singolo cantiere e le tratte da misurare (di lunghezza sempre superiore a 200 m) possono essere localizzate nei punti dove a giudizio della DL la regolarità risulti non sufficiente o dubbia.

Il valore dell'indice IRI viene calcolato con un "passo" di 20 m a partire dal profilo longitudinale misurato ed è pari alla semisomma dei valori IRI destro e IRI sinistro riferiti ai due allineamenti di misura.

Per la VALUTAZIONE della CARATTERISTICA di REGOLARITÀ SUPERFICIALE, nel caso di utilizzo dell'indice IRI, si deve fare riferimento ai valori medi, ricavati dai valori puntuali (passo 20 m), relativi a ciascuna TRATTA OMOGENEA in cui è possibile suddividere la tratta misurata.

Per TRATTE OMOGENEE si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore e per cui i valori dell'indicatore sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale". Le tratte omogenee sono individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

I valori medi di IRI ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA devono risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

### 10.3.2. PENALI

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, non soddisfi le condizioni richieste incrementate di una tolleranza pari al 5%, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) viene penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva dello strato penalizzato anche se le misure interessano una sola corsia). Tale criterio si applica nel caso in cui lo strato abbia uno spessore di almeno 4 cm, altrimenti si prende a riferimento quello immediatamente sottostante che soddisfi tale condizione sempre se inferiore alla soglia di non accettabilità appresso specificata.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, sia maggiore al seguente valore di non accettabilità:

$$\text{IRI} = 3,5 \text{ mm/m}$$

l'Impresa deve procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza ed alla stesa di un nuovo strato che sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo ed agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti. Sono escluse dalla valutazione quei tratti di intervento interessati dalla presenza di opere d'arte con giunti che influenzano la misura di regolarità.

## 11. GIUNTI A TAMPONE VISCOELASTICI

I giunti a tampone viscoelastici sono dotati di un dispositivo di continuità e di supporto costituito da una miscela di bitume modificato con materiali di sintesi di natura elastomerica e/o plastomerica ed aggregati di granulometria compresa tra 15 e 20 mm.

Tale soluzione si presta per applicazioni sui cavalcavia, per giunti di transizione tra le differenti pavimentazioni nelle P.C.P. e su ponti e viadotti aventi luce inferiore a 28 m e tenore di salatura non alto (Figura 11.6).

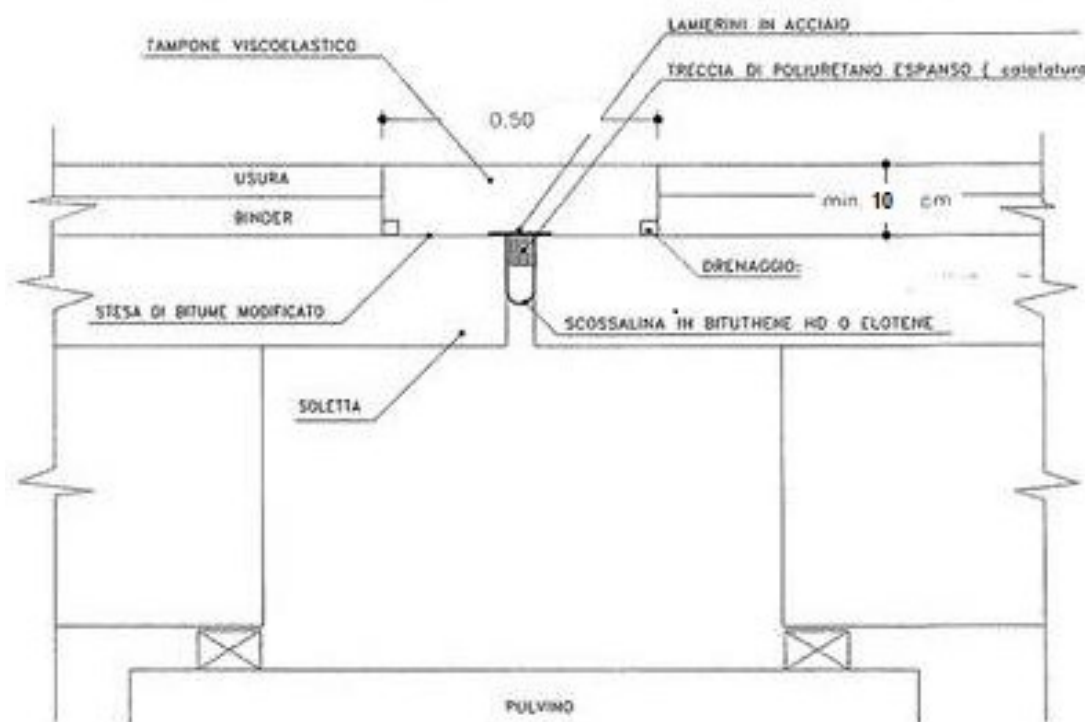


Figura 11.6

### 11.1. MATERIALI

Tutti i materiali utilizzati, ove previsto, dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura dovrà essere accompagnata dalla dichiarazione di prestazione (DoP) e della marcatura CE attestante la conformità all'allegato ZA della norma europea armonizzata di riferimento. L'Impresa è tenuta a presentare con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni la composizione delle miscele che intende adottare. La Committente verifica i materiali, eseguendo le prove necessarie presso il Centro Rilevamento Dati e Prove materiali di Fiano Romano, a spese dell'impresa. Successivamente la Committente comunica all'Impresa ed alle DD.LL. le formulazioni ed i materiali da impiegare sulla rete.

#### 11.1.1. TAMPONE IN BITUME MODIFICATO ED AGGREGATI

Il tampone viscoelastico di tutti i tipi di giunto a tampone sarà costituito da aggregati e legante delle tipologie di seguito descritte. Il legante bituminoso dovrà essere dosato con una percentuale compresa tra il 15% e il 20% riferita al peso degli aggregati.

##### 11.1.1.1. LEGANTE

Il legante sarà costituito da bitume modificato con materiali di sintesi di natura elastomerica e/o plastomerica, avente le caratteristiche riportate in Tabella 11.1.

Tabella 11.1

Caratteristiche	Unità	Metodo di prova	Valore
Penetrazione a 25°C	0.1mm	UNI EN 1426	45-80
Punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427	≥ 80
Punto di rottura (Fraass)	°C	UNI EN 12593	≤ -12
Viscosità dinamica a 160 °C	Pa*s	UNI EN 13302	> 1.0
Viscosità dinamica a 160°C (*)	Pa*s	UNI EN 13702	> 1.0
Ritorno elastico a 25°C	%	UNI EN 13398	≥ 80
Stabilità allo stoccaggio (Δ punto rammollimento)	°C	UNI EN 13399	≤ 5
<b>Valori dopo RTFOT (**)</b>			
Variazione di massa	%	UNI EN 12607-1	≤ 0.8
Penetrazione residua a 25°C	%	UNI EN 1426 UNI EN 12607-1	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	°C	UNI EN 1427 UNI EN 12607-1	≤ 8

(\*) prova su bitume non additivato con filler

(\*\*) Rolling Thin Film Oven Test (UNI EN 12607-1)

### 11.1.1.2. AGGREGATI

L'aggregato potrà essere costituito da materiale basaltico o di altra natura con granulometria compresa tra i 15 e i 20 mm. Nel caso di spessori ridotti della pavimentazione l'impresa potrà adottare aggregati con granulometria compresa tra 10 e 16 mm. Tale soluzione sarà adottata previa autorizzazione della DL.

Tali aggregati dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti ed esenti da polvere e da materiale estraneo, rispondenti ai requisiti degli aggregati per gli strati di usura.

## 11.2. COMPONENTI DEL GIUNTO

Il giunto a tampone viscoelastico dovrà essere costituito dalle parti di seguito elencate.

### 11.2.1. DISPOSITIVO DI DRENAGGIO DELLE ACQUE DI SOTTOPAVIMENTAZIONE

Il convogliamento e lo smaltimento delle acque dovrà avvenire in zone che non insistono sulle strutture principali dell'opera. Il dispositivo sarà costituito da un profilato in lamiera zincata o alluminio a "C" aperto di 30 × 20 mm e spessore pari a 1,5 mm ed un terminale per lo smaltimento delle acque realizzato con tubo in rame del diametro di 25 mm fissato con stucco al drenaggio.

### 11.2.2. LAMIERINI DI SOSTEGNO

Si tratta di un dispositivo di sostegno del tampone bituminoso costituito da lamierini di acciaio inox di dimensioni 0,30 × 0,15 m con spessore compreso tra 2 e 2,5 mm.

Tale dispositivo deve consentire le dilatazioni termiche della soletta mantenendo inalterata la sua funzionalità; esso deve inoltre conservare le proprie caratteristiche di tenuta alle temperature di getto del tampone viscoelastico;

### 11.2.3. TAMPONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

Il tampone deve risultare impermeabile, pur consentendo i movimenti di tipo viscoso previsti. Il tampone deve aderire perfettamente alle pareti verticali della pavimentazione e non presentare sconnessioni. La sua composizione è descritta al paragrafo §11.1.1.

Lo spessore minimo del tampone viscoelastico deve essere di 0,10 m. Nell'eventualità di spessori maggiori di pavimentazione, la maggiore quantità di tampone sarà compensata con il prezzo previsto separatamente da quello del giunto e misurato in decimetri cubici (Figura 11.6).

### 11.3. MODALITA' DI ESECUZIONE DEL GIUNTO

Il giunto a tampone viscoelastico deve essere posto in opera a pavimentazione finita e realizzato con le modalità operative di seguito elencate (vedi anche Allegato 10):

1. asportazione della pavimentazione a cavallo dei giunti di dilatazione da realizzare mediante taglio della pavimentazione per l'intero suo spessore fino a raggiungere l'estradosso delle solette di impalcato, demolizione della pavimentazione e dell'eventuale sottostante strato impermeabilizzante e trasporto a discarica di tutto il materiale di risulta;
2. asportazione di eventuali materiali aventi funzione di giunto provvisorio;
3. accurata pulizia del piano di posa del tampone o asportazione del calcestruzzo degradato o in fase di distacco;
4. trattamento di sabbiatura dell'armatura eventualmente scoperta;
5. eventuale ripristino delle testate delle solette con malta reoplastica fibrorinforzata o malta fibrorinforzata con fibre di carbonio mantenendo la giusta distanza ed una forma il più possibile regolare tra le testate contrapposte;
6. asciugatura della sede del giunto a mezzo di lancia termica;
7. posa di scossalina in BITUTHENE HD o ELOTENE HD o HYPALON sulla verticale delle testate di soletta adiacenti, con l'accortezza che la membrana abbia gioco sufficiente ad assecondare i movimenti del giunto fino alla massima apertura, senza mai introdurre sollecitazioni di trazione su quest'ultima e posta in opera con la consueta forma ad omega tra le testate di soletta. Dove l'apertura del varco risulti insufficiente per l'installazione della scossalina, si potrà escludere tale lavorazione, previo consenso della D.L.;
8. introduzione a forza all'interno dello spazio tra le testate delle solette dell'impalcato di una treccia di poliuretano espanso avente la funzione di contenere la prima colata di bitume modificato;
9. posa del dispositivo di drenaggio in profilato in lamiera zincata o alluminio a "C" aperto di 30 × 20 mm e spessore pari a 1,5 mm ed un terminale per lo smaltimento delle acque realizzato con tubo in rame del diametro di 25 mm fissato con stucco al drenaggio;
10. prima colata di bitume modificato su tutta la sede del giunto (pareti verticali e fondo) impregnando anche la treccia poliuretanicca in modo da impermeabilizzarla;
11. posa del dispositivo di sostegno in lamierino di adeguata larghezza e spessore e lunghezza pari a 0,30 m, collocati l'uno accanto all'altro;
12. seconda colata di bitume modificato sull'intera superficie orizzontale;
13. realizzazione del tampone mediante stesa in unico o più strati e successivo costipamento del materiale fino a raggiungere una perfetta complanarità col piano viario;
14. colata di finitura in bitume modificato per l'intasamento dei vuoti residui.

#### 11.4. PENALI

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la DL effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

Qualora il bitume modificato non risulti rispondente a quanto indicato nelle presenti NTA, se le superfici preparate con malta reoplastica fibrorinforzata o malta fibrorinforzata con fibre di carbonio risultino risuonanti a vuoto alla prova operata con il controllo al martello e verificate in contraddittorio, sarà applicata una penale pari al 20% sul prezzo e sovrapprezzo del giunto.

Qualora sussistano contemporaneamente entrambi i difetti (non idoneità dei tamponi e distacco delle riparazioni) potrà essere richiesta dalla DL la rimozione dei giunti mal eseguiti, oppure sarà applicata dalla DL una detrazione pari al 50% del prezzo e sovrapprezzo del giunto.



## **ALLEGATI**

## **ALLEGATO 1: SCHEDA CONTROLLO SCHIUMATO**



## **ALLEGATO 2: SCHEDE PUNTO OPERATIVO**

**STABILIZZAZIONE IN SITO CON SCHIUMATO**

SCHIUMATO : PUNTO OPERATIVO SU STRADA (NTA paragr 2.5.3.2)														
cantiere n.	autostrada			carregg.	start (km)	end(km)	data inizio							
	63	31.5	20					10	6.3	4	2	0.5	0.063	
FUSO GRANULOMETRICO	Setaccio	100	100	100	83	69	55	44	27	15				
	Pass MAX	100	100	100	83	69	55	44	27	15				
	Pass MIN	100	80	64	40	29	22	15	7	2				
REGOLE DI ADATTAMENTO DEL PROGETTO - GRANULOMETRIA IN SITO - : - passante al 10 > 65% e passante al 2 > 25% : integrazione con 5 cm di INERTE 10-40 - passante al 2 < 25% : integrazione con 2 cm di SABBIA - casi intermedi : NESSUNA integrazione REGOLE DI ADATTAMENTO DEL PROGETTO - UMIDITA' - : - umidita' naturale = 5-6% % CEMENTO = 3,0 - umidita' naturale = 6-8% % CEMENTO = 3,5 - umidita' naturale = 8-10% % CEMENTO = 4,0 - <b>umidita' naturale= &gt;10% STOP LAVORI - INTERVENTO DSTE/PBS</b> <b>FREQUENZE :</b> - INIZIO LAVORI / INIZIO GIORNATA : UMIDITA NATURALE + H2O AGGIUNTA - DURANTE GIORNATA OGNI 1000 ml - DURANTE GIORNATA OGNI 500 ml : UMIDITA' TOTALE														

**CONTROLLI in CORSO D'OPERA - LAVORAZIONI DEL : \_\_\_\_\_**

KM	MT	63	31.5	20	10	6.3	4	2	0.5	0.063	SABBIA	10-40	H2O NAT	H2O AGG	H2O TOT	% CEM	
	PARTENZA										TERRENO NATURALE						
	+ 500 ML										TERRENO NATURALE						
	+ 1000 ML										TERRENO + INTEGRAZ.						
	+ 1500 ML										TERRENO + INTEGRAZ.						

**CONTROLLI in CORSO D'OPERA - LAVORAZIONI DEL : \_\_\_\_\_**

KM	MT	63	31.5	20	10	6.3	4	2	0.5	0.063	SABBIA	10-40	H2O NAT	H2O AGG	H2O TOT	% CEM	
	PARTENZA										TERRENO NATURALE						
	+ 500 ML										TERRENO NATURALE						
	+ 1000 ML										TERRENO + INTEGRAZ.						
	+ 1500 ML										TERRENO + INTEGRAZ.						

**STABILIZZAZIONE IN SITO CON SCHIUMATO**

MODIFICHE PROGETTUALI - LAVORAZIONI DEL : \_\_\_\_\_

	KM	MT	Umidità totale	MOTIVAZIONI	input DIREZIONE LAVORI	input DSTE / PBS		
						H Congl Bit.	H Schiumato	ALTRO
DA								
A								

MODIFICHE PROGETTUALI - LAVORAZIONI DEL : \_\_\_\_\_

	KM	MT	Umidità totale	MOTIVAZIONI	input DIREZIONE LAVORI	input DSTE / PBS		
						H Congl Bit.	H Schiumato	ALTRO
DA								
A								

MODIFICHE PROGETTUALI - LAVORAZIONI DEL : \_\_\_\_\_

	KM	MT	Umidità totale	MOTIVAZIONI	input DIREZIONE LAVORI	input DSTE / PBS		
						H Congl Bit.	H Schiumato	ALTRO
DA								
A								

MODIFICHE PROGETTUALI - LAVORAZIONI DEL : \_\_\_\_\_

	KM	MT	Umidità totale	ALTRE MOTIVAZIONI	input DIREZIONE LAVORI	input DSTE / PBS		
						H Congl Bit.	H Schiumato	ALTRO
DA								
A								

MODIFICHE PROGETTUALI - LAVORAZIONI DEL : \_\_\_\_\_

	KM	MT	Umidità totale	MOTIVAZIONI	input DIREZIONE LAVORI	input DSTE / PBS		
						H Congl Bit.	H Schiumato	ALTRO
DA								
A								

DSTE / PBS

IL DIRETTORE LAVORI \_\_\_\_\_

L'RQS \_\_\_\_\_

L'IMPRESA \_\_\_\_\_

II RUP \_\_\_\_\_

## ALLEGATO 3:

# METODO INTERNO PER LA DETERMINAZIONE DELLA CAPACITÀ DRENANTE DI STRATI SUPERFICIALI DI PAVIMENTAZIONE

Questa procedura descrive le modalità, il campo di applicazione, lo scopo, del sistema di misura della permeabilità di strati superficiali di pavimentazione.

La metodologia consiste nel misurare la capacità di smaltimento d'acqua di una pavimentazione mediante l'utilizzo di un contenitore cilindrico con dimensioni e forma definite, che viene posto sulla pavimentazione in esame e riempito con acqua.

Il tempo necessario per lo svuotamento di un dato volume d'acqua contenuta dal recipiente permette di misurare la permeabilità della pavimentazione.

## APPARECCHIATURA DI PROVA

Per l'esecuzione della prova vengono utilizzate le seguenti attrezzature e strumentazioni di seguito riportate:

- Contenitore cilindrico (permeabilmetro), vedi fig.1
- Mastice o silicone per fissare il permeabilmetro alla pavimentazione
- Peso non minore di 5000 g, vedi fig.1

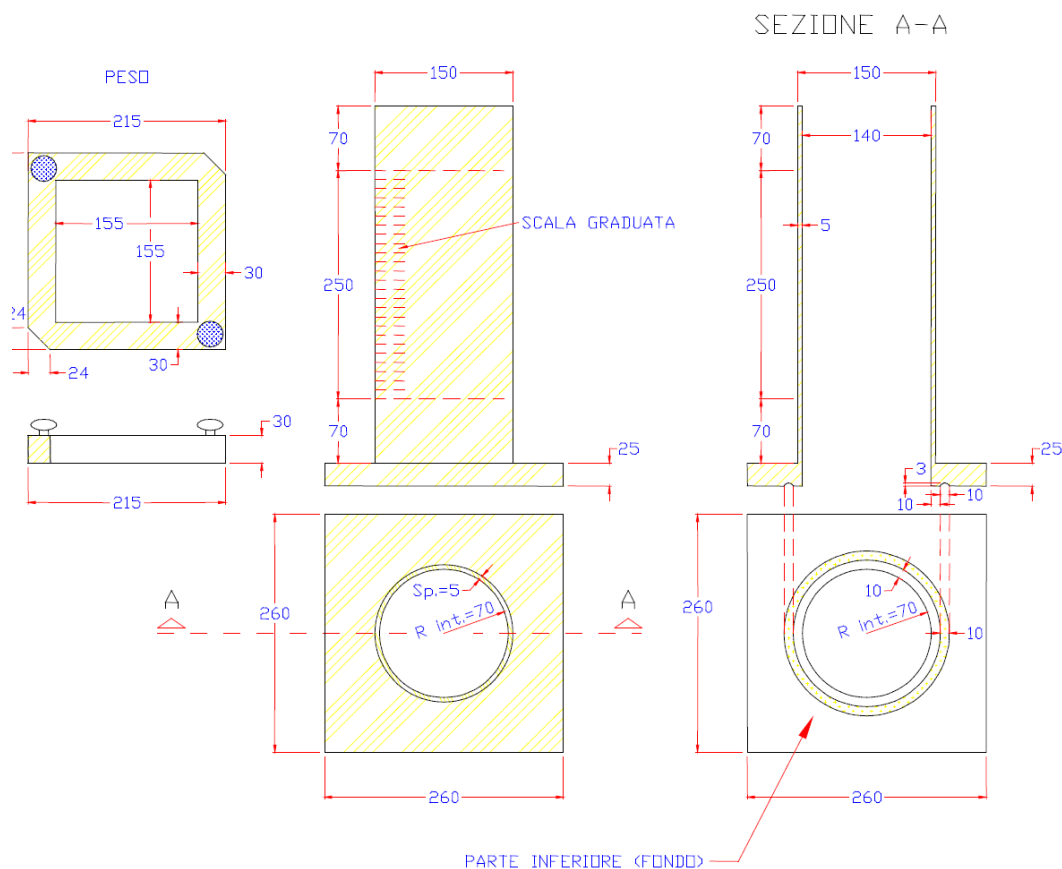


Fig. 1

## DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA

Si pone il permeabilmetro vuoto sulla pavimentazione in esame tracciando con un gesso cerato il bordo esterno ed il cerchio interno del permeabilmetro che rappresenta l'area di prova.

Tolto il permeabilmetro dall'area tracciata, esclusa quella di prova, si spalma accuratamente il silicone, sigillando i fori superficiali della pavimentazione; inoltre, sul fondo dello strumento, nella parte solcata intorno al foro cilindrico, va applicato un filo di silicone, facendo attenzione che sia superiore alla profondità del solco di circa 2 mm.

Si pone lo strumento sulla pavimentazione, facendolo coincidere con i segni precedentemente effettuati, per evitare qualsiasi riduzione dell'area di prova; si applica un peso (non minore di 5000 g) per migliorare l'aderenza al suolo dello strumento.

Subito dopo, per eliminare l'aria contenuta nel conglomerato e per renderne uniforme la temperatura nell'area di prova, si effettua un primo riempimento del permeabilmetro; non appena il livello dell'acqua arriva allo zero della scala graduata (livello inferiore), si riempie nuovamente il permeabilmetro fino al bordo superiore, facendo in modo di far trascinare una certa quantità di acqua.

Non appena il livello dell'acqua arriva alla soglia superiore della scala graduata (altezza di 250 mm), si fa partire la rilevazione dell'intervallo di tempo che termina quando il livello d'acqua è sceso fino allo zero di gradazione.

Il rapporto tra la quantità d'acqua (in  $\text{dm}^3$  o l nota) e l'intervallo di tempo trascorso (in minuti) rappresenta la capacità drenante espressa in l/min.

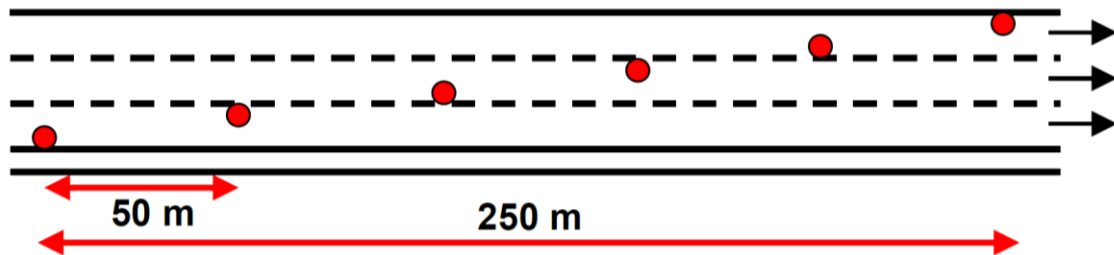
Il valore singolo è ricavato dalla esecuzione di due prove distanti 1 metro (mediandone i due valori).

Si riportano di seguito i criteri di misura affinché le VERIFICHE DI DRENABILITÀ siano statisticamente significative:

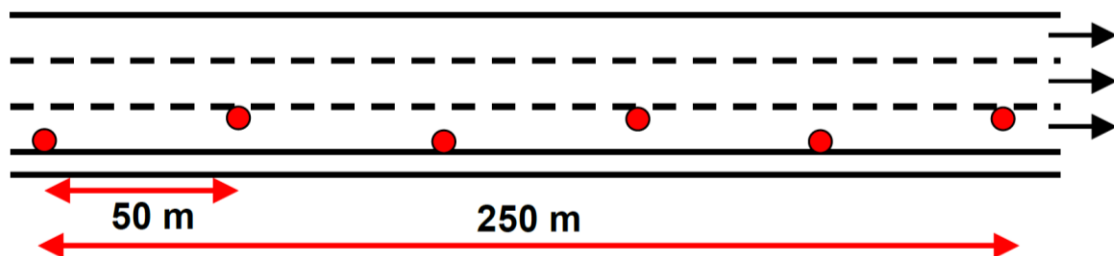
- Effettuare (per siti di stesa di almeno 10.000 mq - pari ad 1 km di carreggiata su tratte a 2 corsie) almeno n. 6 “Punti di Misura” di drenabilità distanziati di circa 50 m ed alternati sul lato dx/sx della/e corsia/e oggetto delle verifiche (è opportuno, compatibilmente con le condizioni di segnaletica a disposizione, valutare tutto l'insieme delle corsie interessate) – Vedi schemi sottostanti –.
- Per ciascuno dei “Punti di Misura” dovranno essere effettuate n.2 prove di drenabilità, da cui deriverà un Valore Medio rappresentativo della capacità drenante del “Punto di Misura”
- Non è consentito (risultati anormali) eseguire le prove in corrispondenza del giunto longitudinale di stesa o dei giunti trasversali di ripresa lavori
- Il DATO da utilizzare per la valutazione delle Performance sarà costituito dalla MEDIA dei 6 Valori Medi ricavati per ciascun “Punto di Misura”, relativo pertanto ad un tratto di corsia lungo - circa 250 m ("sezione di misura").
- Per siti di dimensioni maggiori, ripetere tale "set" di prove un numero di volte proporzionale all'estensione, allocando alternativamente la "sezione di misura" su tutte le corsie lavorate.
- Per siti di lunghezza inferiore, si considereranno “set completi” (n.6 “Punti di misura”) anche quelli composti da “Punti di misura” effettuati su interventi vicini interessati da lavorazione nella medesima giornata e quindi realizzati con la produzione giornaliera di miscela dell'impianto.
- L'esecuzione delle prove deve avvenire a ridosso dei lavori di stesa (così da sfruttare le segnaletiche del cantiere in atto anche per i test di drenabilità) od al massimo entro



30 gg dal termine della stesa stessa (questo caso - da evitare il più possibile - comporta l'aggravio di dover predisporre nuove segnaletiche). Tale modalità di controllo renderà omogenee e confrontabili le misure eliminando effetti di "invecchiamento" dello strato. Inoltre, consente comunque di gestire in "real time" eventuali problematiche insorte.



Esempio di schema di rilievo nel caso di intervento eseguito sull'intera carreggiata a tre corsie



Esempio di schema di rilievo nel caso di intervento eseguito sulla sola corsia di marcia o nel caso di indisponibilità della chiusura al traffico delle altre corsie interessate dall'intervento

## RISULTATI DELLE PROVE

Il valore di permeabilità - capacità drenante viene espresso in l/min come valore medio (M) delle due prove effettuate nel punto della pavimentazione in esame come descritto al paragrafo precedente.

$M \pm 20\%M$  rappresenta l'intervallo di capacità drenante entro cui devono cadere le due prove per poter essere ritenute valide.


**ALLEGATO 4:**

**CARATTERIZZAZIONE DI UN BITUME SCHIUMATO (MPIPA010)**

<b>autostrade</b> //per l'italia	Rev. 4 del 04/11/2010	MPIPA010
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 1 di 7	Caratterizzazione di un bitume schiumato

## Caratterizzazione di un bitume schiumato


	<b>Funzione</b>	<b>Nome</b>	<b>Firma</b>
Redatto	ARS	Graziella Zizi	
Verificato	RSQ	Paolo Morgera	
Approvato	DLB	Corrado Ferilli	

	Rev. 4 del 04/11/2010	MPIPA010
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 2 di 7	Caratterizzazione di un bitume schiumato

## INDICE

### PREMESSA

1. SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE
2. PRINCIPIO
3. APPARECCHIATURA DI PROVA
4. ALLESTIMENTO DELL'APPARECCHIATURA DI PROVA
5. PROCEDIMENTO DI PROVA
6. ESPRESSIONE DEI RISULTATI
7. RISULTATI DELLE PROVE

	Rev. 4 del 04/11/2010	MIPA010
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 3 di 7	Caratterizzazione di un bitume schiumato

## PREMESSA

La presente procedura tecnica definisce le attività e le modalità operative per la determinazione, in laboratorio, dei parametri fondamentali di schiumatura di un bitume.

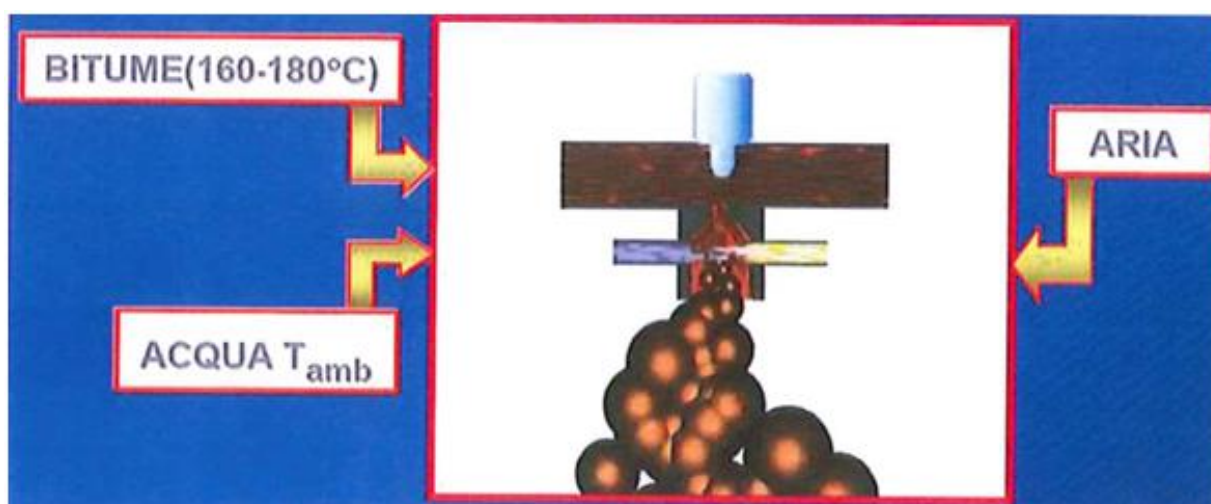
### 1.0 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

Lo scopo è quello di determinare la percentuale di acqua richiesta per ottimizzare le caratteristiche di schiumatura di un bitume, ovvero espansione e tempo di dimezzamento. Il bitume schiumato può essere prodotto una volta che è stata impostata la portata dell'acqua per la schiumatura (temperatura, pressione dell'acqua e aria sono parametri definiti).

La presente procedura si applica per determinare le proprietà di schiumatura di un bitume tal quale, in fase di qualifica e/o durante la fase dei controlli delle miscele bituminose.

### 2.0 PRINCIPIO

L'apparecchiatura di prova composta da "Camera d'espansione/ugello" (fig.1) è in grado di produrre bitume schiumato simile a quello prodotto dagli impianti installati sulle macchine operatrici impiegati nelle lavorazioni di risanamento profondo:



<p>autostrade//per l'italia</p>	<p>Rev. 4 del 04/11/2010</p>	<p>MPIPA010</p>
<p>Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali</p>	<p>Pagina 4 di 7</p>	<p>Caratterizzazione di un bitume schiumato</p>

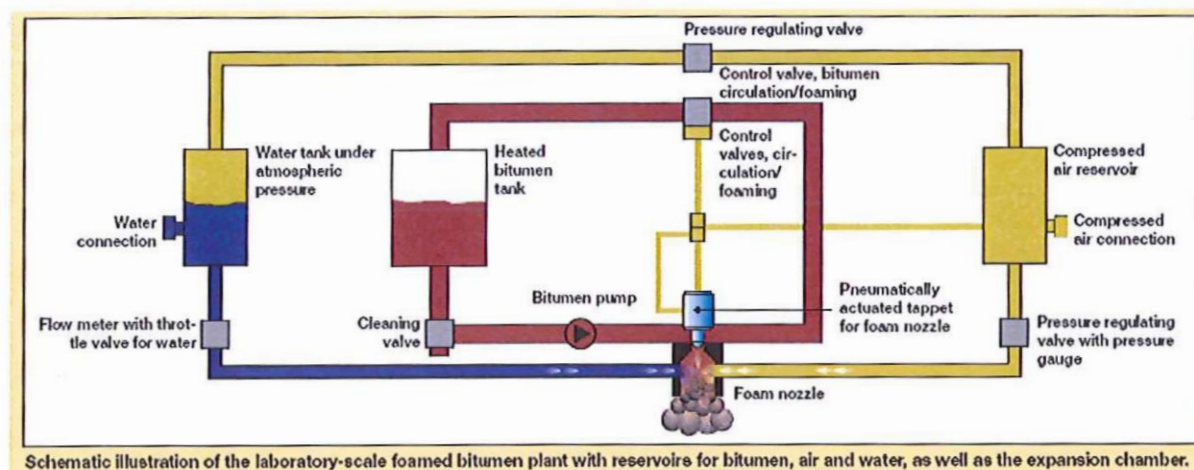



Fig. 1

Il processo consiste nel combinare bitume caldo e acqua, in piccola percentuale sul peso del legante, dentro una camera d'espansione. Quando le particelle d'acqua vengono a contatto con il bitume caldo, si ha un aumento della temperatura dell'acqua fino a che questa raggiunge il suo punto di ebollizione. A seguito di questo processo si ha il passaggio di stato dell'acqua dallo stato liquido al gassoso; il risultato è la formazione di bolle piene di vapore acqueo ricoperte da un sottile film di bitume che conferiscono al bitume un aspetto schiumoso. Il risultato finale è che la schiuma incrementa la superficie specifica del bitume e riduce considerevolmente la sua viscosità rendendo il legante più adatto alla miscelazione con gli aggregati freddi e umidi.

### 3.0 APPARECCHIATURA DI PROVA

- Impianto di laboratorio "Schiumatura Wirtgen modello WLB010"
- Bilancia della portata di 1000 g avente risoluzione 1.0 g
- Contenitore metallico di forma cilindrica avente un diametro di 300 mm  $\pm$  25 mm ed un'altezza minima di 350 mm
- Asta metallica graduata con una gradazione intervallata di 50 mm  $\pm$  1 mm
- Cronometro avente precisione 1/60 di minuto
- Termometro avente scala da 0 °C a 300 °C e risoluzione  $\pm$  1 °C

	Rev. 4 del 04/11/2010	MIPA010
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 5 di 7	Caratterizzazione di un bitume schiumato

## 4.0 ALLESTIMENTO DELL'APPARECCHIATURA DI PROVA

La fase consiste nell'approntar l'unità di schiumaggio alle connessioni esterne, occorre:

- Collegare l'unità ad una sorgente di corrente elettrica;
- Collegare l'unità ad una sorgente di aria compressa (pressione minima 6 bar continui);
- Avviare l'interruttore di alimentazione.

Successivamente occorre procedere seguendo le seguenti fasi.

### 4.0.1 *Riempimento del serbatoio d'acqua.*

Il serbatoio dell'acqua deve preliminarmente spurgato dell'aria presente nel sistema attraverso l'apertura della valvola di spurgo, successivamente si deve aprire il rubinetto per l'alimentazione dell'acqua e procedere al riempimento del serbatoio.

### 4.0.2 *Riscaldamento del bitume.*

Il serbatoio del bitume deve essere pre-riscaldato ad una temperatura minima di 100 °C, quindi aggiungere bitume precedentemente scaldato in stufa a 180 °C.

### 4.0.3 *Circolo del bitume del sistema.*

La pompa del bitume deve essere avviata quando il bitume è ben miscelato e fluido, la pompa ha raggiunto la temperatura operativa e vi è pressione di aria nel sistema.

### 4.0.4 *Impostazione del timer.*


Il timer di uscita, che regola il tempo di apertura della valvola bitume all'ingresso della camera di espansione (consentendo che una quantità di bitume venga scaricata nella camera di espansione), è impostata di volta in volta che si procede con una nuova prova in quanto è funzione della portata di bitume presente.

### 4.0.5 *Controllo della portata del bitume.*

Controllare con regolarità la portata di uscita del bitume.

### 4.0.6 *Impostazione del flusso d'acqua per la schiumatura.*

Sistemare il contenitore sotto l'ugello per raccogliere l'acqua per la schiumatura. Operare manualmente agendo sugli interruttori dell'aria e dell'acqua per l'avvio del flusso dell'acqua. La portata può essere regolata alla base del flussometro e verificata, con il misuratore, la quantità del flusso dell'acqua in litri/ora.

	Rev. 4 del 04/11/2010	MIPA010
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 6 di 7	Caratterizzazione di un bitume schiumato

La portata è calcolata secondo la seguente espressione:

$$Q_{acqua} = (Q_{bit} \cdot Wa_{dd} \cdot 3.6)/100$$

Dove:

$Q_{acqua}$  = portata acqua (l/h)

$Q_{bit}$  = portata bitume (g/s)

$Wa_{dd}$  = contenuto schiuma acqua (%)

## 5.0 PROCEDIMENTO DI PROVA

Selezionare la temperatura alla quale si intende determinare le caratteristiche di schiumatura (normalmente a 180 °C). Riscaldare per almeno 5 minuti il bitume alla temperatura impostata e poi procedere con la produzione di schiuma. Per ciascuna temperatura misurare le caratteristiche di schiumatura ai seguenti valori di iniezione d'acqua in peso sul bitume: 1%, 2%, 3% e 4%.

Per ogni percentuale di acqua riferita al legante bituminoso si eseguono due prove e si misura l'altezza (expansion) della schiuma di bitume e il tempo di semi-trasformazione (half-time) e se ne ottiene il valore medio secondo quanto segue:

- Impostare sul timer dell'apparecchiatura il tempo di scarica di 500 g di bitume secondo il seguente rapporto:

$$T_{in} = 500 \text{ g}/Q_{bit}$$


Dove:

$T_{in}$  = tempo di iniezione (s)

$Q_{bit}$  = portata bitume (g/s)

- Scaricare la quantità di schiuma in un contenitore metallico;
- Usare l'asta graduata, in dotazione con l'apparecchiatura, per misurare la massima espansione raggiunta nel contenitore: si determina così il rapporto di espansione cioè il rapporto tra il volume raggiunto allo stato schiumoso e il volume finale del legante una volta che la schiuma si è dissipata;
- Misurare, con un cronometro, il tempo in secondi impiegato dalla schiuma a ridursi a metà del suo volume massimo: si determina così il tempo di dimezzamento del bitume;
- Per ogni percentuale d'acqua utilizzata, la prova deve essere ripetuta due volte.



	Rev. 4 del 04/11/2010	MPIPA010
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 7 di 7	Caratterizzazione di un bitume schiumato

## 6.0 ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Per ogni percentuale di acqua riferita al legante bituminoso si eseguono due prove e si misurano:

1. L'altezza della schiuma di bitume (expansion), attraverso il controllo a vista sull'asta graduata;
2. Il tempo di semi-trasformazione (half-time) misurato con il cronometro.

Si ottiene così, per ogni percentuale di acqua, il valore medio delle due prove.

Il rapporto tra l'espansione del legante bituminoso e il tempo di semi-trasformazione è la capacità del legante bituminoso di "schiumare".

## 7.0 RISULTATI DELLE PROVE

I valori di expansion e half-time corrispondono alla media dei valori ottenuti per ogni percentuale di acqua.

Condizione di accettabilità: scarto di ripetibilità (RDS%) per expansion deve essere  $\leq 10$  e per half-time  $\leq 30$  e i due risultati devono rispondere alle seguenti prescrizioni da capitolato:

- A. Il valore di expansion  $\geq 20$
- B. Il valore di half-time  $\geq 25$  s

I risultati sono riportati nel foglio rilevamento dati e rapporto di prova.


**ALLEGATO 5:**

**CARATTERIZZAZIONE DELLE EMULSIONI BITUMINOSE (PTO004)**

<b>autostrade</b> //per l'italia	Rev. 1 del 01/08/2017	PTO004
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 1 di 6	Caratterizzazione delle emulsioni bituminose

## Caratterizzazione delle emulsioni bituminose

	<b>Funzione</b>	<b>Nome</b>	<b>Firma</b>
Redatto	ATL	Simone Marcucci	
Verificato	RSQ	Paolo Morgera	
Approvato	RST	Francesco De Santis	

	Rev. 1 del 01/08/2017	PTO004
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 2 di 6	Caratterizzazione delle emulsioni bituminose

## TITOLO

**Metodo di procedura interno per la qualifica delle emulsioni bituminose da utilizzare per conglomerati bituminosi riciclati a freddo (CBRF)**


## DESCRIZIONE SOMMARIA

**Questa procedura descrive le modalità, il campo di applicazione, lo scopo, il metodo utilizzati per la accettazione preventiva delle emulsioni bituminose da destinare alle lavorazioni di Manutenzione ordinaria delle Pavimentazioni.**

**La metodologia consiste nella determinazione delle caratteristiche reologiche del bitume costituente l'emulsione e delle caratteristiche meccaniche di un campione di conglomerato realizzato con l'emulsione da qualificare.**

## INDICE

1. SCOPO
2. CAMPO DI APPLICAZIONE
3. DOCUMENTI E/O NORME DI RIFERIMENTO
4. APPARECCHIATURA DI PROVA
5. DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA
6. ESPRESSIONE DEI RISULTATI
7. RISULTATI DELLE PROVE

	Rev. 1 del 01/08/2017	PTO004
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 3 di 6	Caratterizzazione delle emulsioni bituminose

## 1.0 SCOPO

Verifica delle caratteristiche reologiche del bitume costituente l'emulsione bituminosa (Palla Anello, Penetrazione, Ritorno elastico).

Determinazione della resistenza a trazione indiretta ( $T = 25\text{ °C}$  dopo aver condizionato i provini a  $T = 40\text{ °C}$  per 1 g, 3 gg, 7 gg) di un conglomerato bituminoso con mix design noto e costante per l'intera campagna di qualifica (annuale) costituito dall'emulsione da qualificare e da inerti opportunamente selezionati.

## 2.0 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente procedura si applica alle emulsioni bituminose, da utilizzare per il confezionamento di tutte le miscele di conglomerato richiedenti emulsioni bituminose previste dalle NTA.


## 3.0 DOCUMENTI E/O NORME DI RIFERIMENTO

Caratterizzazione reologica del bitume costituente l'emulsione:

- UNI EN 1426: Determinazione della penetrazione con ago
- UNI EN 1427: Determinazione del punto di rammollimento con biglia e anello
- UNI EN 13398: Ritorno elastico

Caratterizzazione meccanica del conglomerato:

- MPI – PA008: Miscele bituminose – Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - UNI EN 12697-23:2006: Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi.
- UNI EN 12697-31: Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo-Preparazione del provino con pressa giratoria-Metodologia interna pressa giratoria MPI-PA002
- UNI EN 933-1:1999. Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati-Determinazione della distribuzione granulometrica – Analisi granulometrica per setacciatura.
- UNI EN 1097-6:2020. Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati. Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.  
Metodo del picnometro per aggregati compresi tra 0,063 e 31,5 mm.
- Peso di volume geometrico-Metodo di prova interno MPI-PA004

	Rev. 1 del 01/08/2017	PTO004
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 4 di 6	Caratterizzazione delle emulsioni bituminose

#### 4.0 APPARECCHIATURA DI PROVA

- Bilancia analitica con precisione di 0.01 mg
- Bilancia analitica con precisione di 1.0 g
- Stufa termoregolabile alla temperatura di  $110 \pm 2$  °C
- Stufa termoregolabile alla temperatura di  $160 \div 170$  °C  $\pm 2$  °C
- Termocriostato ad aria  $25 \pm 1$  °C e  $40 \pm 1$  °C
- Miscelatore riscaldato
- Becco bunsen
- Serie di setacci UNI EN
- Pressa giratoria
- Pressa per trazione indiretta
- Penetrometro
- Palla Anello
- Ritorno elastico

#### 5.0 DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA

##### *Caratterizzazione reologica del bitume costituente l'emulsione bituminosa*

Dall'emulsione da qualificare si estrae il bitume tramite evaporazione in forno alla  $T = 110$  °C dell'acqua fino a raggiungimento del peso costante.

Il bitume estratto viene sottoposto alle prove di seguito riportate:


- Punto di rammollimento biglia e anello (UNI EN 1427)
- Penetrazione con ago (UNI EN 1426)
- Ritorno elastico (UNI EN 13398)

Le caratteristiche del bitume estratto dovranno risultare conformi a quanto prescritto dallo specifico articolo delle NTA.

##### *Caratterizzazione meccanica del conglomerato*

Si definisce il mix design della miscela di conglomerato tramite:

- Selezione e vagliatura delle pezzature di inerti di tipo basaltico dimensioni 0/2, 4/8, 10/16;
- Miscelazione delle pezzature secondo le percentuali di seguito riportate:
  - 30 % di aggregato 0/2
  - 40 % di aggregato 4/8

	Rev. 1 del 01/08/2017	PTO004
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 5 di 6	Caratterizzazione delle emulsioni bituminose

- 30 % di aggregato 10/16

La risultante granulometrica della miscela deve rientrare nel fuso riportato in tabella 1 ed il mix design deve rimanere costante per l'intera campagna di qualifica annuale.

Inerte		Fuso	
		Passanti %	
Analisi granulometriche setacci UNI			
	31,5	100	100
	20	100	100
	14	90	95
	10	72	80
	6,3	45	53
	2	25	32
	0,5	12	16
	0,25	8	14
	0,063	3	8
Filler			


Tabella 1

La miscela di aggregati così costituita addizionata con emulsione bituminosa in quantità pari al 10 % in peso (sul peso degli aggregati) viene miscelata tramite mescolatore meccanico. La miscelazione avrà una durata di circa 1 minuto e sarà tale da garantire la dispersione e la totale impregnazione degli aggregati da parte dell'emulsione bituminosa, evitando la formazione di grumi e difformità di rivestimento.

Dal conglomerato bituminoso così costituito, in conformità alla normativa pressa giratoria MPI PA002, si ricava un numero minimo di n. 12 provini del diametro di 100 mm e costipati a 180 rotazioni.

I provini vengono suddivisi in n. 3 serie da n. 4 provini ciascuna e condizionati in stufa termostatica ventilata alla temperatura di 40 °C rispettivamente per 1 giorno (1<sup>a</sup> serie), e giorni (2<sup>a</sup> serie) e 7 giorni (3<sup>a</sup> serie).

Al raggiungimento del tempo previsto di maturazione, i provini di ciascuna serie vengono condizionati alla temperatura di 25 °C per un tempo minimo di 4 ore e quindi sottoposti alla prova di resistenza a trazione indiretta (T = 25 °C).

	Rev. 1 del 01/08/2017	PTO004
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 6 di 6	Caratterizzazione delle emulsioni bituminose

## 6.0 ESPRESSIONE DEI RISULTATI

In conformità a quanto prescritto dalle normative di riferimento.

## 7.0 RISULTATI DELLE PROVE

Facendo riferimento alle NTA in vigore, si procederà con l'approvazione delle emulsioni bituminose per le quali le prove di caratterizzazione risultino conformi ai requisiti previsti per i bitumi "Legante di tipo "D" (Emulsione bituminosa per riciclaggio in sito) e il valore di resistenza a trazione indiretta (Rt) (T = 25 °C) effettuata sulla serie di campioni sottoposti a n. 3 giorni di maturazione risulti maggiore di 0.25 MPa.




**ALLEGATO 6:**

**CARATTERIZZAZIONE DI BITUMI MODIFICATI (PTO005)**

<b>autostrade</b> //per l'italia	Rev. 3 del 01/08/2017	PTO005
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 1 di 7	Caratterizzazione dei bitumi modificati

## Caratterizzazione dei bitumi modificati

	<b>Funzione</b>	<b>Nome</b>	<b>Firma</b>
Redatto	ATL	Simone Marcucci	
Verificato	RSQ	Paolo Morgera	
Approvato	RST	Francesco De Santis	

	Rev. 3 del 01/08/2017	PTO005
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 2 di 7	Caratterizzazione dei bitumi modificati

## TITOLO

**Metodo di procedura interno per la qualifica dei bitumi per conglomerato bituminoso**


## DESCRIZIONE SOMMARIA

**Questa procedura descrive le modalità, il campo di applicazione, lo scopo, i metodi utilizzati per la accettazione preventiva dei bitumi modificati con polimero da utilizzare per le lavorazioni di Manutenzione ordinaria delle Pavimentazioni dell'anno.**

**La metodologia consiste nella determinazione delle caratteristiche reologiche del bitume e delle caratteristiche meccaniche di un campione di conglomerato realizzato con il bitume da qualificare.**

## INDICE

1. SCOPO
2. CAMPO DI APPLICAZIONE
3. DOCUMENTI E/O NORME DI RIFERIMENTO
4. APPARECCHIATURA DI PROVA
5. DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA
6. ESPRESSIONE DEI RISULTATI
7. RISULTATI DELLE PROVE

	Rev. 3 del 01/08/2017	PTO005
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 3 di 7	Caratterizzazione dei bitumi modificati

## 1.0 SCOPO

Verifica delle caratteristiche reologiche di un bitume modificato con polimero (Palla Anello, Penetrazione, Viscosità, Ritorno elastico e Stabilità allo stoccaggio).

Determinazione della resistenza a trazione indiretta ( $T = 25\text{ °C}$  e  $T = 40\text{ °C}$ ) e della percentuale di vuoti di un conglomerato bituminoso con mix design noto e costante per l'intera compagna di qualifica (annuale) costituito da bitume da qualificare e da inerti opportunamente selezionati.

## 2.0 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente procedura si applica ai bitumi modificati con polimero ("Bitume hard modificato con polimeri elastomerici di tipo SBS-radiale e/o lineare), da utilizzare per il confezionamento di tutte le miscele di conglomerato richiedenti bitume con polimero previste dalle NTA.


## 3.0 DOCUMENTI E/O NORME DI RIFERIMENTO

Caratterizzazione reologica:

- UNI EN 1426: Determinazione della penetrazione con ago
- UNI EN 1427: Determinazione del punto di rammollimento metodo biglia e anello
- Determinazione della viscosità dinamica-Metodo di prova interno MPIRSQ001
- UNI EN 13398: Ritorno elastico
- UNI EN 13399: Determinazione della stabilità allo stoccaggio

Caratterizzazione meccanica del conglomerato:

- Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi-Metodo di prova interno MPIPA008
- UNI EN 12697-31: Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo-Preparazione del provino con pressa girettoria-Metodologia interna pressa girettoria MPI-PA002
- UNI EN 933-1:1999. Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati. Determinazione della distribuzione granulometrica – Analisi granulometrica per setacciatura.
- UNI EN 1097-6:2002. Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati.  
Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua.  
Metodo del picnometro per aggregati compresi tra 0,063 e 31,5 mm.
- Peso di volume geometrico-Metodo di prova interno MPI-PA004

	Rev. 3 del 01/08/2017	PTO005
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 4 di 7	Caratterizzazione dei bitumi modificati

## 4.0 APPARECCHIATURE DI PROVA

Per l'esecuzione della prova vengono utilizzate le seguenti attrezzature e strumentazioni:

- Bilancia analitica con precisione di 0.01 mg
- Bilancia analitica con precisione di 1.0 g
- Stufa termoregolabile alla temperatura di  $110 \pm 2$  °C
- Stufa termoregolabile alla temperatura di  $160 \div 170$  °C  $\pm 2$  °C
- Termocriostato ad aria  $25 \pm 1$  °C e  $40 \pm 1$  °C
- Miscelatore riscaldato
- Becco bunsen
- Serie di setacci UNI EN
- Pressa giratoria
- Pressa per trazione indiretta
- Penetrometro
- Palla Anello
- Ritorno elastico
- Viscosimetro

## 5.0 DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA

### 5.1 *Caratterizzazione reologica del bitume*

Il bitume da qualificare viene sottoposto alle prove di seguito riportate:

- Punto di rammollimento biglia e anello (UNI EN 1427)
- Penetrazione con ago (UNI EN 1426)
- Stabilità allo stoccaggio (UNI EN 13399)
- Ritorno elastico (UNI EN 13398)
- Determinazione della viscosità dinamica (UNI EN 13702-1)


Le caratteristiche dei bitumi dovranno risultare conformi a quanto prescritto dallo specifico articolo delle NTA.

DCOP/DMIE/PLB si riserva, a suo insindacabile giudizio, la facoltà di definire le caratteristiche di accettabilità di un bitume modificato.

### 5.2 *Caratterizzazione meccanica del conglomerato*

Si definisce il mix design della miscela di conglomerato tramite (vedi esempio all. 1):

- Selezione e vagliatura di un numero adeguato di inerti normalmente utilizzate pe le miscele di conglomerato drenante (0/6, 5/10, 10/16, filler)

	Rev. 3 del 01/08/2017	PTO005
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 5 di 7	Caratterizzazione dei bitumi modificati

- Definizione delle percentuali di utilizzo delle varie pezzature in maniera tale che la risultante granulometrica della miscela rientri nel fuso di seguito indicato e/o risulti conforme a specifiche definite ad insindacabile giudizio di DCOP/DMIE/PLB.

Setacci UNI EN 933-1	DRENANTE
20	100-100
14	88-100
10	37-60
3.3	5-19
2	4-10
0.5	4-8
0.25	4-8
0.063	4-8
Spessore (cm)	4-5

La miscela di aggregati così costituita ed il bitume da qualificare vengono pre-riscaldati in forno ad una temperatura di 170 °C ÷ 180 °C per almeno 4 ore.

Tramite miscelatore meccanico riscaldato, si procede quindi alla miscelazione degli aggregati con il bitume in quantità pari al 5.2 % in peso (riferito agli aggregati) e con lo 0.3 % di fibre di cellulosa (di una tipologia approvata).

La miscelazione sarà eseguita ad una temperatura di 160 °C ÷ 170 °C ed avrà una durata variabile in grado di rendere omogenea la distribuzione del bitume modificato sugli inerti senza formazione di grumi o difformità di rivestimento.

Dal conglomerato bituminoso così costituito, si ricavano n. 8 provini del diametro di 100 mm e costipazione pari a 130 rotazioni (vuoti 10-50-130 rotazioni).


I provini vengono sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta alle temperature di T = 25 °C e T = 40 °C (n. 4 campioni per ciascuna temperatura).

## 6.0 ESPRESSIONE DEI RISULTATI


In conformità a quanto prescritto dalle normative di riferimento.

## 7.0 RISULTATI DELLE PROVE

Facendo riferimento alle NTA in vigore, le caratteristiche reologiche dei bitumi dovranno risultare conformi ai requisiti previsti per la specifica tipologia di bitumi indicata sulle Norme stesse ("BITUME "HARD" - Legante B"). (Inoltre, la prova di resistenza a trazione indiretta (T = 25 °C) effettuata sul conglomerato bituminoso, costituito in conformità al presente metodo, dovrà restituire ITS ≥ 0.50 MPa.

	Rev. 3 del 01/08/2017	PTO005
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 6 di 7	Caratterizzazione dei bitumi modificati

DCOP/DMIE/PLB si riserva, a suo insindacabile giudizio, la facoltà di definire le caratteristiche di accettabilità di un bitume modificato e di decretarne l'idoneità (qualifica) per le lavorazioni di MOP.



**DGOM/PBS/BSL**  
CENTRO RILEVAMENTO DATI E PROVE MATERIALI  
via Milano, 4 - 00165 Fiano Romano (Roma)

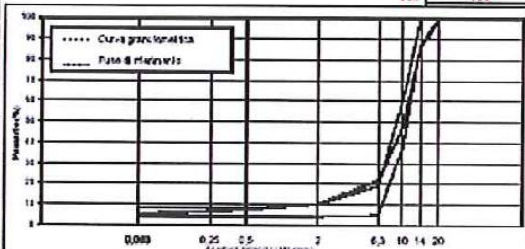
PAVIMENTAZIONE  
codice prova: 1003

Accettazione n°: 234-12  
Codice campione: 01  
Data di prova: 21/05/2012  
Pag. 1 di 4

**studio granulometrico: Usura drenante per qualifica bitumi**

	Gran(1)	Gran(2)	Gran(3)	Gran(4)	Gran(5)	Gran(6)	Gran(7)	Gran(8) Agg. Legg.
bitumi	10/15 bitume essiccato	0/6 bitume essiccato	0/10 bitumi	0/15 bitume				
Codice campione	0000002	0000003	0000004	0000005				
Analisi granulometrica Cal (30) (20) (15) (10) (6) (3) (2) (1) (0,6) (0,3) (0,15) (0,075) (0,03) (0,015) (0,0075)	20,0							
	14,0	18,0						
	10,0	65,6						
	6,3	24,6	49,6					
	2,0	0,3	12,1	52,6				
	0,5		42,8	1,3				
	0,25		13,2					
	0,063		14,2		13,0			
	Filtri	0,8	18,1	0,8	0,4			
		100,0	100,0	100,0	100,0			
% utilizzo	70	6	20	4				

Risultato granulometrico		Fuso	
Set.	Trattenuti %	Passanti %	
20		100,0	100
14	13,2	86,8	100
10	34,9	47,9	60
6,3	26,3	21,6	5
2	11,4	10,2	4
0,5	2,5	7,4	4
0,25	0,6	6,6	4
0,063	1,4	5,2	4
Filtri	6,2		



Q <sub>10</sub> (g/m <sup>3</sup> ) UNI EN 1007-6:2002	2,750	2,765	2,703	2,622				
Q <sub>10</sub> (g/m <sup>3</sup> )	2,750	2,765	2,703	2,622				

% legante ref. in c.	% legante ref. M <sub>10</sub>	in c. %	MVA legante (g/cm <sup>3</sup> )
5,20	4,04	95,06	1,02

Q <sub>10</sub> (g/cm <sup>3</sup> )	Q <sub>10</sub> mix
2,526	2,736

Peso bit. Miscela (g)	11000
Peso inietti (g)	6654
Bit. in c. (g)	
Bit. fres. su misc. (%)	
(%) utilizzo fresator	
Peso inietti fresato (g)	

Bitume vergine da aggiungere (g)	434
Bitume totale su miscela (g)	454
Peso totale inietti (g)	9208
Peso miscela (g)	10000

verifica % bit. in inietti: 5,20

Il Tecnico sperimentatore \_\_\_\_\_






**ALLEGATO 7:**

**DETERMINAZIONE DELLA VISCOSITÀ DINAMICA (MPIRSQ001)**

<b>autostrade</b> //per l'italia	Rev. 1 del 01/08/2017	MPIRSQ001
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 1 di 5	Determinazione della viscosità dinamica

## Determinazione della viscosità dinamica

	<b>Funzione</b>	<b>Nome</b>	<b>Firma</b>
Redatto	RSQ	Paolo Morgera	
Verificato	RSQ	Paolo Morgera	
Approvato	RST	Francesco De Santis	

	Rev. 1 del 01/08/2017	MPIRSQ001
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 2 di 5	Determinazione della viscosità dinamica

## TITOLO

**Metodo di procedura interno per la determinazione della viscosità dinamica di un bitume (tipologie di bitume riportate dello specifico articolo delle NTA).**

## DESCRIZIONE SOMMARIA


**Questa procedura descrive le modalità, il campo di applicazione, lo scopo, il metodo utilizzati per la determinazione delle caratteristiche di viscosità dei bitumi da destinare alle lavorazioni di Manutenzione ordinaria delle Pavimentazioni dell'anno.**

**La metodologia descrive la prova da eseguire per la determinazione della viscosità di un bitume a una specifica temperatura.**

## INDICE

### PREMESSA

1. SCOPO
2. CAMPO DI APPLICAZIONE
3. DOCUMENTI E/O NORME DI RIFERIMENTO
4. APPARECCHIATURA DI PROVA
5. DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA
6. ESPRESSIONE DEI RISULTATI
7. RISULTATI DELLE PROVE

	Rev. 1 del 01/08/2017	MPIRSQ001
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 3 di 5	Determinazione della viscosità dinamica

## PREMESSA

La procedura viene indicata come metodo interno in quanto recepisce anche se non appieno il metodo UNI EN 13702-1:2004 che è stato sostituito dalla edizione 2010.

Il laboratorio ha preso atto che la nuova edizione del metodo indica uno Shear rate e delle temperature per l'esecuzione della prova di viscosità che sono difformi da quanto indicato nelle norme tecniche di appalto di Autostrade per l'Italia. Inoltre, il laboratorio dispone di una notevole quantità di dati storici di prove eseguite alla temperatura di 160 °C e Shear rate pari a 100 s<sup>-1</sup> che hanno avuto riscontro anche in fase di opera dei bitumi.

Pertanto, si ritiene che il mantenere in uso la edizione 2004 della norma di prova per quanto concerne le modalità operative sia necessario oltre che tecnicamente valido.

Per fare ciò è necessario che il metodo normalizzato UNI EN 13702-1:2004 venga formalmente trasformato in metodo interno.

In questa operazione il metodo viene ulteriormente arricchito di piccoli "*particolari*" che, frutto della esperienza applicativa del laboratorio, lo rendono ancor più efficace nella determinazione della viscosità dei bitumi.

### 1.0 SCOPO


Verifica della viscosità del legante bituminoso.

### 2.0 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente procedura si applica ai leganti bituminosi (secondo quanto previsto dalle NTA) da utilizzare per il confezionamento di tutte le tipologie di miscele di conglomerato bituminoso (articolo 3 delle NTA).

### 3.0 DOCUMENTI E/O NORME DI RIFERIMENTO

- UNI EN 13702-1:2004. Determinazione della viscosità dinamica di un bitume per singola temperatura.
- UNI EN 13702:2010. Determinazione della viscosità dinamica di un bitume per singola temperatura.
- UNI EN 58:2012. Campionamento dei leganti bituminosi.

	Rev. 1 del 01/08/2017	MPIRSQ001
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 4 di 5	Determinazione della viscosità dinamica

## 4.0 APPARECCHIATURA DI PROVA

Per l'esecuzione della prova vengono utilizzate le seguenti attrezzature e strumentazioni:

- Reometro Anton Paar
- Software per la gestione della macchina rispondente alla Norma UNI EN 13702-1
- Sistema di filtraggio dell'aria
- Sistema di termostazione ad effetto Peltier
- Cappa di termostazione ad effetto Peltier
- Sistema di misura piatto/piatto da 25 mm e sistema di misura piatto/cono da 50 mm, entrambi per lavorazioni fino a 200 °C

## 5.0 DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA

### 5.1 *Caratterizzazione di bitumi di tipo "A" (Bitumi Tal quale per usi diretti)*


Impostazioni Macchina:

- CR lin s-1 100
- Tempo di mantenimento dello sforzo di taglio 900 s
- Corpo di misura CP 50-1
- Gap 0.099 mm
- Temperatura di prova 160 °C

### 5.2 *Caratterizzazione di bitumi di tipo "B" (Bitume hard modificato con polimeri elastomerici di tipo SBS), "tipo C2" (Emulsione bituminosa per riciclaggio in sito a freddo), legante di aggiunta con ACF*

Impostazioni Macchina:

- CR lin s-1 100
- Tempo di mantenimento dello sforzo di taglio 900 s
- Corpo di misura CP 50-1
- Gap 0.099 mm
- Temperatura di prova 160 °C

	Rev. 1 del 01/08/2017	MPIRSQ001
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 5 di 5	Determinazione della viscosità dinamica

### 5.3 *Esecuzione della prova*

La prova si esegue su un campione di bitume (circa 0.65/0.70 g) poggiato sul “piatto” della macchina.

In dipendenza della tipologia di legante bituminoso in analisi, la macchina viene impostata come precedentemente indicato.

Raggiunta la  $T = 160\text{ °C}$ , la macchina comincia a leggere e registrare i dati del campione in esame.

Il valore della viscosità della singola prova corrisponde alla media dei valori registrati nel tempo di prova pari a 900 s.

La prova deve essere eseguita in doppio, prelevando e sottoponendo a prova due campioni diversi del legante bituminoso da caratterizzare.

## 6.0 ESPRESSIONE DEI RISULTATI

In conformità a quanto prescritto dalle normative di riferimento.

## 7.0 RISULTATI DELLE PROVE

Il valore della viscosità di un legante bituminoso corrisponde alla media di due prove valide. Due prove sono considerate valide se i risultati presentano tra loro uno scarto inferiore al 10 %.

In caso di risultati con scarto superiore al 10 %, si procede ad eseguire una terza prova e il valore della viscosità del legante bituminoso viene calcolato come media dei due risultati validi.

**ALLEGATO 8:**


**MISURA DELLA PORTANZA CON IL LIGHT FALLING WEIGHT  
DEFLECTOMETER (LFWD) (MPIPA009)**

<b>autostrade</b> //per l'italia	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 1 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)

## **MISURA DELLA PORTANZA CON IL LIGHT FALLING WEIGHT DEFLECTOMETER (LFWD)**

	<b>Funzione</b>	<b>Nome</b>	<b>Firma</b>
Redatto	RST	Francesco De Santis	
Verificato	RSQ	Paolo Morgera	
Approvato	RST	Francesco De Santis	



	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 2 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)

## 1.0 SCOPO

La presente procedura ha lo scopo di definire le attività, le responsabilità e le modalità operative per la valutazione in sito dell'omogeneità della portanza e dell'addensamento di fondazioni delle pavimentazioni riciclate in sito con bitume schiumato.

## 2.0 CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente procedura gestionale descrive l'esecuzione di prove deflettometriche in sito per la misura della portanza delle fondazioni delle pavimentazioni per autostrade, strade urbane ed extraurbane.

## 3.0 ABBREVIAZIONE SIGLE

Nella presente procedura verranno utilizzate le seguenti sigle:

- **RSQ** Responsabile della Qualità dello Schiumato
- **RST** Responsabile Settore Tecnico
- **DL** Direzione dei lavori


## 4.0 RESPONSABILITÀ

### RSQ

Persona che ha il compito e la responsabilità a svolgere tutte le attività necessarie per l'esecuzione della prova di portanza sulla fondazione schiumata; verificare che i valori misurati non risultino inferiori per uno o più punti al minimo di riferimento, nel caso comunicarlo alla DL e al RST che decideranno le eventuali azioni da intraprendere anche in relazione alle esigenze legate all'Esercizio, in questo caso il RSQ dovrà espressamente prenderne nota sulla scheda.

### RST

Persona che ha il compito e la responsabilità a sovrintendere a tutte le attività necessarie per l'esecuzione del controllo della portanza sulla fondazione schiumata; pianificare e coordinare, in relazione alle campagne di misura, l'attività degli operatori (RSQ) preposti all'esecuzione delle prove di portanza.

	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 3 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)

## 5.0 APPARECCHIATURA DI PROVA E PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Light Falling Weight Deflectometer (LFWD).

Il principio di funzionamento dell'LFWD (fig.1) si basa sulla teoria dell'elasticità, che studia il modo in cui applicando dei carichi sul terreno è possibile valutare i cedimenti corrispondenti al piano di carico e quindi lo stato di affaticamento della stessa.

Gli elementi meccanici componenti l'apparecchiatura di prova sono riportati in figura 1 e sono sostanzialmente: una piastra di carico rigida in alluminio, una massa battente ed un accelerometro. Il sistema di acquisizione dati avviene attraverso l'utilizzo di un palmare con connessione bluetooth, dotato di programma software KP100.


La piastra in acciaio zincato, del diametro di 300 mm e dello spessore di 20 mm, può essere considerata rigida ai fini del calcolo dei moduli del piano sottoposto a prova. Tra la piastra di carico e la massa battente ci sono nell'ordine: un compensatore di inclinazione per condurre prove su piani inclinati, un accelerometro per la misurazione dei cedimenti (è un sensore che fornisce un output proporzionale all'accelerazione misurata e che, posizionato al centro della piastra di carico ed ortogonalmente ad essa, è in grado di fornire per integrazione del segnale captato, l'abbassamento del punto centrale della piastra, nonché la corrispondente velocità di deformazione del suolo), una massa impattante del peso di 10 kg, una cella di carico per la misurazione dei carichi ed uno smorzatore per modulare la forza impattante. Il carico viene applicato sul terreno attraverso una massa battente libera di scorrere sull'asta di guida che, oltre a garantire la centralità del colpo, consente di uniformare l'altezza di caduta per mezzo della leva di rilascio fissata in corrispondenza dell'impugnatura.

<p>autostrade//per l'italia</p>	<p>Rev. 3 del 12/06/2019</p>	<p>MPIPA009</p>
<p>Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali</p>	<p>Pagina 4 di 15</p>	<p>Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFD)</p>



1. Asta di guida
2. Leva di rilascio
3. Massa battente
4. Smorzatore
5. Cella di carico
6. Maniglie di trasporto
7. Accelerometro
8. Compensatore di inclinazione
9. Piastra di carico

Fig. 1

	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 5 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)

## 6.0 DESCRIZIONE E MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLA PROVA

Preliminarmente all'effettuazione della misura, l'RQS provvederà a stendere uno strato di sabbia di classe granulometrica 0/2 mm al fine di rendere planare il piano di posa sul quale verrà appoggiata la piastra di base dell'apparecchiatura.

La prova consiste nel far cadere una massa (vincolata a scorrere su un'asta verticale) su di una cella di carico collegata ad un geofono. La massa utilizzata è di 10 kg e l'altezza di caduta è pari a 80 cm.

Una volta effettuate e/o verificate tali regolazioni, l'RQS provvederà ad effettuare per ogni punto di misura un numero di battute pari a 5.

## 7.0 ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Il sistema acquisisce le seguenti grandezze:

Forza (kN)

Sforza (mPa)

Pulsazione (ms)


Offset (cm)

Deflessione ( $\mu\text{m}$ )

Modulo Elastico (MPa)

## 8.0 RISULTATI DELLE PROVE

I dati ottenuti, raccolti in apposita scheda di memoria, vengono inviati dall'RQS via GPRS alla struttura DSTE/PBS/Pavimentazioni che provvede all'elaborazione degli stessi. Una volta elaborati i dati vengono conservati in una directory comune dalla quale l'RQS andrà ad estrarre i dati che verranno inseriti all'interno dei fogli rilevamento dati.

	Rev. 3 del 12/06/2019	MIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 6 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFD)

## ALLEGATO 1: Procedura di utilizzo del software

### 1. Apparecchiatura in dotazione

1. Centralina di misura con vano batteria
2. Base circolare con supporto in gomma
3. Ammortizzatore in gomma
4. Peso
5. Aste
6. Manico di support
7. Smart tablet




### 2. Istruzioni di montaggio

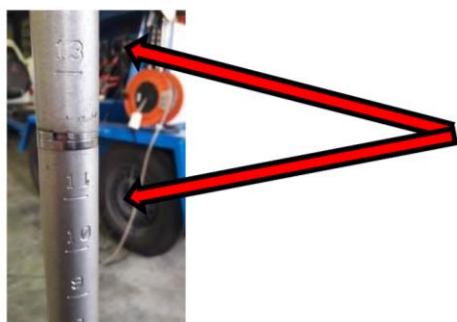
Appoggiare la base circolare sul supporto in gomma.

Installare sulla base circolare la centralina di misura facendo coincidere gli spazi di fermo nei tre supporti previsti.



	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 7 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)

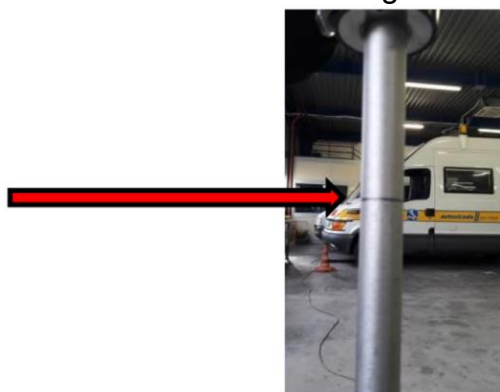
Inserire le due aste collegate fra loro facendo attenzione che coincida la sequenza numerica presente su ciascuna delle due aste.




Inserire l'ammortizzatore in gomma e successivamente il peso.



Applicare il manico di sgancio facendolo coincidere con il riferimento segnato sull'asta (riferimento all'altezza del n°21 segnato sull'asta).



	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 8 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)

### 3. Esecuzione della prova

#### 3.1. Accendere il tablet in dotazione con pulsante in alto



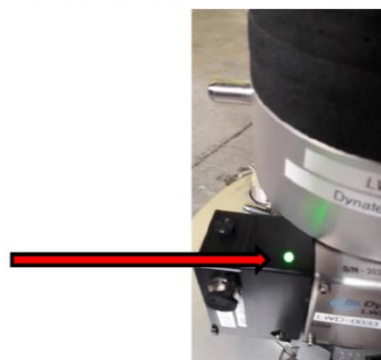
Il dispositivo impiegherà circa 30 secondi a caricare il sistema operativo


#### 3.2. Accendere la centralina posta alla base dell'apparecchiatura



La centralina viene attivata con apposita leva di accensione

L'avvenuta accensione è confermata dal led verde



	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 9 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)

### 3.3. Creazione sessione di lavoro



Aprire la APP Dynatest

#### Info per l'operatore


Il programma è costituito dall'area **SESSION** che è il nome del file all'interno del quale avremo tutti i dati salvati durante la prova, e dalle micro aree chiamate **LOCATION** che sono le ubicazioni sulle quali eseguiamo la singola prova

**SESSION**      ad esempio **Test 1** (nome del file)



**LOCATION 1**      **554+150 dx**  
**LOCATION 2**      **554+150 sx**  
**LOCATION 3**      **554+200 dx**  
**LOCATION 4**      **554+200 sx**  
 .....  
 .....  
 .....  
**LOCATION XX**      **554+950 dx**  
**LOCATION XXX**      **554+950 sx**



	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 10 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFWD)

### 3.4. SESSION

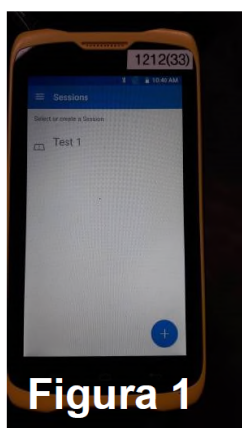



Figura 1

All'apertura della APP Dynatest comparirà una schermata come in figura 1.

Per creare una nuova sessione di prova premere l'icona 

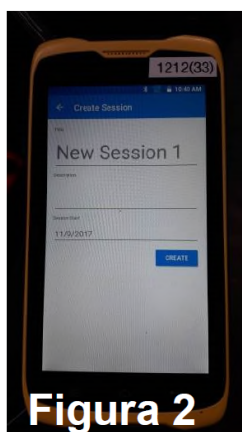



Figura 2


Comparirà la schermata come in figura 2. Nel campo **TITLE** inserire il nome del titolo del file che sarà il riferimento per quella campagna di prova.

**ES. A1 Nord km 554+150 – 554+950 ML**

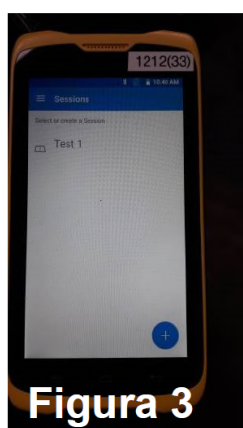
Nel campo **DESCRIPTION** inserire le informazioni necessarie per il tipo di prova.

**ES. schiumato del 15/11/2017**

Una volta terminato di compilare i due campi sopraelencati premere l'icona 

	Rev. 3 del 12/06/2019	MIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 11 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFD)

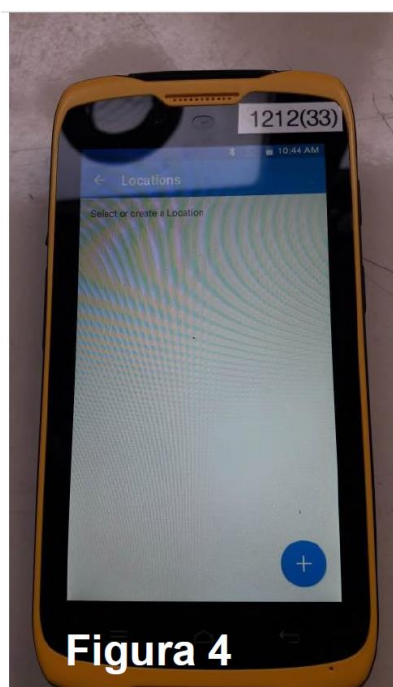
### 3.5. LOCATION



Si aprirà automaticamente la schermata in figura 3

Test 1 che compare in figura è il file che abbiamo creato e sul quale andremo a «scrivere» le varie location (ubicazione delle battute di prova)


Premere sul nome del file che intendiamo «popolare» con le battute alle singole progressive di prova  
Si aprirà la schermata **Locations** come in figura 4



Per creare la prima location premere l'icona



La location non è altro che la progressiva chilometrica sulla quale stiamo eseguendo le battute.  
Sarà cura dell'operatore aggiungere la dicitura dx/sx o altro elemento utile a stabilire l'esatta ubicazione del punto in cui si sta eseguendo la prova.

	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 12 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFW)

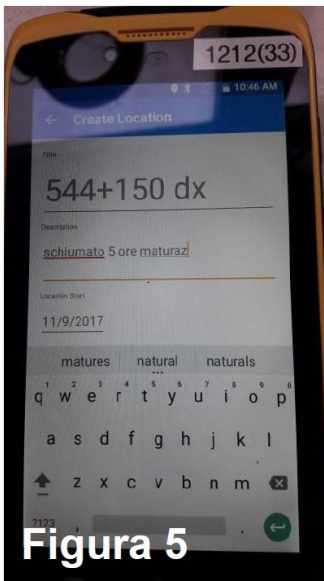


Figura 5

Comparirà la schermata come in figura 5.  
 Nel campo **TITLE** inserire la progressiva sulla quale si effettuano le battute.  
**ES. 554+150 dx**

Nel campo **DESCRIPTION** inserire le informazioni relative a quella precisa progressiva.  
**ES. maturazione 5 ore**

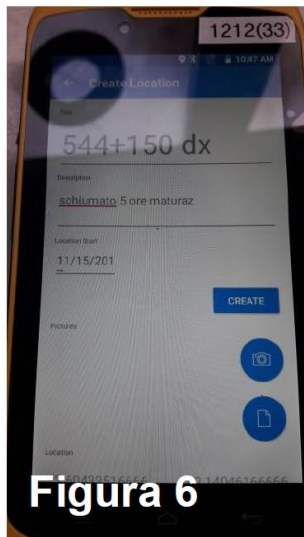


Figura 6

Una volta terminato di compilare i due campi sopraelencati premere l'icona **CREATE** in figura 6.

La prima progressiva di prova (location) è stata creata. Comparirà la schermata in figura 7.

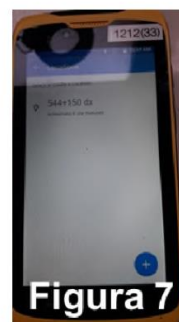

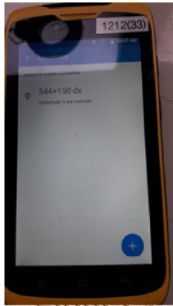



Figura 7

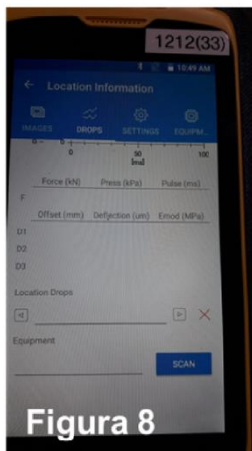
	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 13 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFD)



Premere sull'icona  **544+150 dx** (Prima location creata)  
 Schiumato 5 ore maturaz

La sessione iniziale creata (nome del file) avrà tante locations quante saranno le progressive sulle quali effettuare il set di battute.  
**Nell'esempio sopra riportato abbiamo creato la prima location**

Prima di eseguire qualsiasi altra operazione assicurarsi che la centralina di misura con vano batteria sia accesa (luce led **verde**). Se non fosse accesa, ripetere la semplice operazione di cui al punto **3.2**



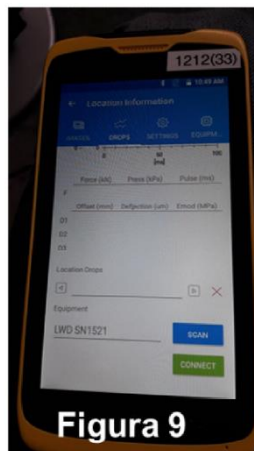
**Figura 8**

Si aprirà la schermata come in figura 8.

Premere su

**SCAN**

In fondo alla schermata (scorrere in basso se il tasto non è visibile) per permettere al dispositivo di riconoscere l'apparecchiatura



**Figura 9**

Non appena il dispositivo riconoscerà l'apparecchiatura, premere

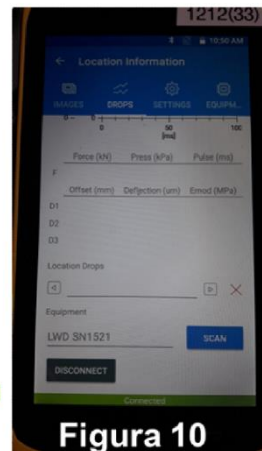
**CONNECT**

in figura 9


Il dispositivo è connesso quando appare la striscia verde in basso

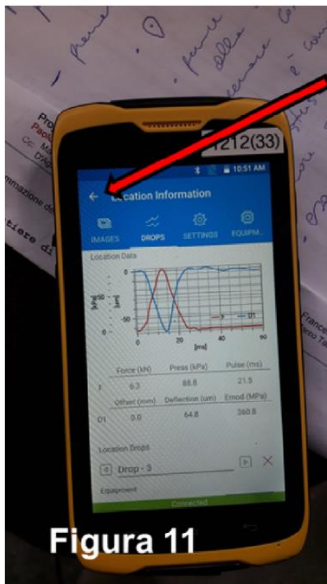
**Connected**

in figura 10



**Figura 10**

	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 14 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFD)



**Figura 11**

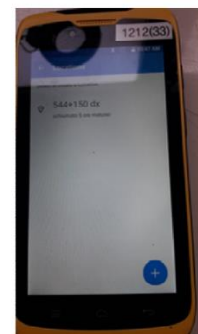
Eseguite le battute (drop) relativamente alla prima location (progressiva), per creare una nuova location (seconda progressiva) premere la freccia in alto a sx come riportato in figura 11

Il programma tornerà automaticamente alla finestra in figura 12


Per creare la nuova location (nell'esempio indicato sarà 544+150 sx) premere sull'icona



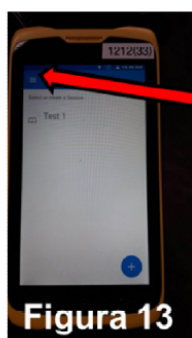
e ripetere le operazioni a partire dal punto 3.5



Una volta terminate le battute su tutte le location necessarie (tutte le progressive sulle quali effettuare la prova), la sessione (file creato) sarà terminata. Dalla schermata di figura 12 tornare indietro con la freccia in alto a sinistra dello schermo per tornare sulla schermata SESSION (figura 13 pagina successiva).

	Rev. 3 del 12/06/2019	MPIPA009
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 15 di 15	Misura della portanza con il Light Falling Weight Deflectometer (LFW)

## 4. Export dei dati

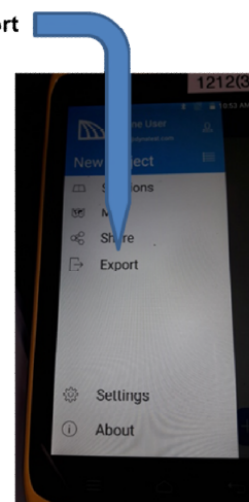


**Figura 13**

Il file creato comparirà nella schermata in figura 13

Aprire il menù a tendina in alto a sinistra dello schermo

Dal menù premere il tasto Export



Il file creato è salvato all'interno della cartella DOWNLOAD del dispositivo. Uscire dal programma con il tasto in basso a destra del dispositivo e ritornare sul desktop

Come operazione di controllo, dal desktop entrare nella cartella DOWNLOAD e controllare SEMPRE l'effettivo salvataggio del file creato figura 14




**Figura 14**

All'interno della cartella DOWNLOAD il file creato comparirà con la dicitura NEW PROJECT e la data e l'ora di creazione iniziale.

**ALLEGATO 9:**

**DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PRESTAZIONE DI  
GEOCOMPOSITI IMPIEGATI COME RINFORZO TRA STRATI DI  
CONGLOMERATO BITUMINOSO**

	Rev. 1 del 12/06/2022	
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 1 di 7	Determinazione del coefficiente di prestazione di geocompositi impiegati come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso

## ALLEGATO 9

### Determinazione del coefficiente di prestazione di geocompositi impiegati come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso

Questa procedura descrive le modalità, il campo di applicazione, lo scopo, il metodo e l'analisi, per determinare il coefficiente di prestazione di un geocomposito da utilizzare come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso a caldo.

Tale allegato spiega la procedura per il confezionamento di provini di laboratorio composti da due strati di conglomerato bituminoso a caldo con all'interfaccia il geocomposito in esame, l'attrezzatura di prova e il protocollo per eseguire prove flessionali su tre punti, e la successiva elaborazione dei dati sperimentali per determinare il coefficiente di prestazione.

#### 1.0 SCOPO

Produzione di provini di laboratorio composti da due strati di conglomerato bituminoso (a caldo oppure tiepido) con all'interfaccia un geocomposito, e provini di riferimento con all'interfaccia una mano d'attacco (emulsione bituminosa).

Esecuzione di prove flessionali su tre punti (3PB), ed elaborazione dei risultati sperimentali per determinare il coefficiente di prestazione del geocomposito.

#### 2.0 CAMPO DI APPLICAZIONE


La presente caratterizzazione di laboratorio si applica ai geocompositi da utilizzare come interfaccia rinforzata tra strati di conglomerato bituminoso, sia in pavimentazioni flessibili di nuova costruzione, che per interventi di rifacimento degli strati superficiali in pavimentazioni esistenti.

#### 3.0 NORME DI RIFERIMENTO

Confezionamento dei provini:

- UNI EN 12697-33:2019. Miscele bituminose - Metodo di prova - Parte 33: Provino preparato con compattatore a rullo.



	Rev. 1 del 12/06/2022	
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 2 di 7	Determinazione del coefficiente di prestazione di geocompositi impiegati come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso

Prove flessionali su tre punti:

- UNI EN 12697-26:2018. Miscele bituminose - Metodo di prova - Parte 26: Rigidezza.

#### 4.0 APPARECCHIATURA DI PROVA

Per il confezionamento dei provini e l'esecuzione di prove flessionali su tre punti (3PB) vengono usate le seguenti attrezzature e strumentazioni:


- Bilancia della portata di 15000 g avente risoluzione 1.0 g
- Stufa termoregolabile alla temperatura di 140 – 180 ±2 °C
- Compattatore a rullo, con la dimensione del cassero lungo la direzione di compattazione di minimo 30 cm
- Sega circolare elettrica raffreddata ad acqua
- Calibro avente risoluzione 1.0 mm
- Camera termostatica alla temperatura di 20 ±0.5 °C
- Pressa statica per prove su tre punti (3PB)
- Software per la gestione della pressa
- Foglio Excel per l'elaborazione dei risultati

#### 5.0 PREPARAZIONE PROVINI ED ESECUZIONE DELLA PROVA

##### 5.1 *Preparazione dei provini prismatici*

È necessario confezionare piastre bistrato in conglomerato bituminoso, con all'interfaccia il geocomposito in esame o una emulsione bituminosa come mano d'attacco (condizione di riferimento). Da tali piastre, si ricavano i provini prismatici da sottoporre alle prove 3PB.

Si deve impiegare un conglomerato bituminoso per strati di collegamento (binder), con bitume tradizionale o modificato.

	Rev. 1 del 12/06/2022	
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 3 di 7	Determinazione del coefficiente di prestazione di geocompositi impiegati come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso

Si procede secondo le seguenti fasi:

- Tramite un compattatore a rullo liscio d'acciaio, si compatta uno strato (*Strato 1*) di conglomerato bituminoso, preliminarmente scaldato per 3 ore alla temperatura di compattazione compresa tra 140 – 180 °C (a seconda della modifica o meno del bitume). La quantità di materiale necessaria è calcolata con il metodo geometrico, fissando un contenuto di vuoti target della miscela di binder e l'altezza finale pari a 40 mm. Si utilizza pertanto la seguente formula:

$$\text{Quantità materiale strato} = G_{max} \cdot (1 - \%vuoti) \cdot (L \cdot P \cdot h)$$

in cui:

$G_{max}$  = densità massima del conglomerato bituminoso;

$\%vuoti$  = percentuale di vuoti target corrispondente a provini compattati mediante pressa giratoria (ASTM D6925) con un numero di giri pari a  $N2 = N_{des}$ ;

$L, P$  = rispettivamente la lunghezza e la profondità del cassero utilizzato;

$h$  = altezza finale dello strato, pari a 40 mm.

- Si lascia raffreddare la piastra all'interno del cassero per 3 ore a temperatura ambiente.
- Trascorse le 3 ore, si prepara l'interfaccia tra gli strati legati.  
 Nel caso di interfaccia non rinforzata (*NR*), sulla superficie del primo strato si applica un'emulsione bituminosa con dosaggio di bitume residuo pari a 0,25 kg/m<sup>2</sup>, e si attende la completa rottura della stessa (circa 1 ora, dipendente dalla classe di rottura dell'emulsione impiegata).  
 Nel caso di interfaccia rinforzata (*R*), si tagliano porzioni di geocomposito di dimensioni pari a quelle del cassero del compattatore a rullo. Si rimuove la pellicola termoadesiva inferiore e si incolla il geocomposito sulla superficie del primo strato, applicando una leggera pressione affinché non si creino delle bolle d'aria tra il conglomerato bituminoso e il geocomposito. La direzione longitudinale del geocomposito deve coincidere con la direzione principale di compattazione. Si deve immediatamente proseguire con la compattazione dello strato di conglomerato bituminoso successivo.
- Si compatta un secondo strato dello stesso conglomerato bituminoso (*Strato 2*), preliminarmente scaldato per 3 ore alla temperatura di compattazione. Lo strato è caratterizzato dalla stessa percentuale di vuoti target ed altezza finale del primo strato, per cui anche la quantità di materiale necessario è la medesima. Le direzioni di compattazione del primo e secondo strato devono coincidere.
- Le lastre bistrato vengono lasciate raffreddate a temperatura ambiente e lo scasso può essere effettuato non prima del giorno seguente la compattazione.

<p>autostrade//per l'italia</p>	<p>Rev. 1 del 12/06/2022</p>	
<p>Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali</p>	<p>Pagina 4 di 7</p>	<p>Determinazione del coefficiente di prestazione di geocompositi impiegati come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso</p>

- Entro 8 giorni dalla compattazione delle lastre, queste vengono tagliate per ottenere i provini prismatici di prova. I provini vengono segati dal centro, e la distanza dal bordo longitudinale della piastra deve essere di almeno 20 mm. L'asse longitudinale del provino deve essere parallelo alla direzione principale di compattazione con una lunghezza minima non minore di 300 mm. La larghezza nominale dei provini è pari a 100 mm. Sono necessari almeno due provini per entrambe le configurazioni di interfaccia (NR/R).
- Si misurano le reali dimensioni dei provini, quali l'altezza totale  $H$ , l'altezza dello strato inferiore ( $h_1$ ) e dello strato superiore ( $h_2$ ), e le larghezze delle basi inferiori ( $b_1$ ) e superiori ( $b_2$ ), la cui media è  $B$ .

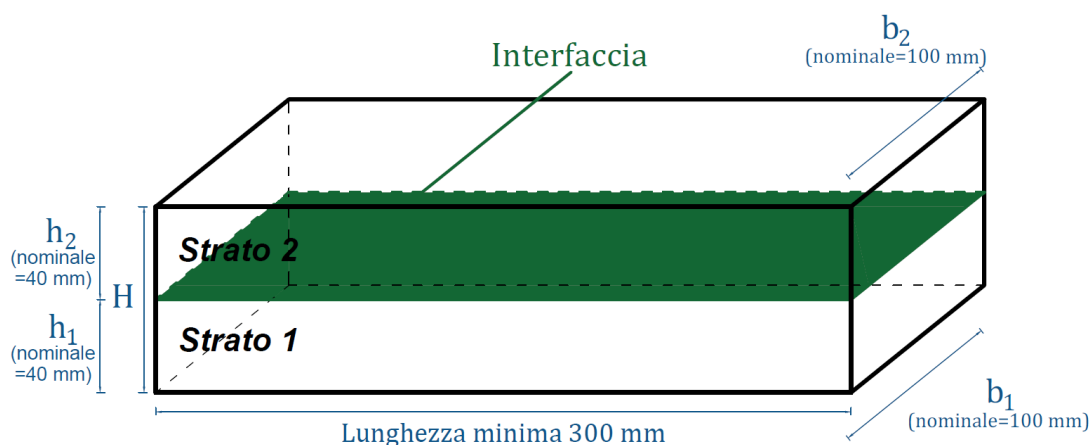


Figura 1. Misure geometriche del provino prismatico

- I provini vengono posizionati su una superficie piana ad una temperatura non maggiore di 20 °C per 7 giorni. Prima dell'inizio delle prove 3PB, i provini vengono condizionati alla temperatura di 20 °C per una durata di 24 ore.

## 5.2 Prove di flessione statica su tre punti

I provini sono sottoposti a prove di flessione statica su tre punti, anche dette Three Point Bending (3PB). La configurazione di prova è mostrata in Figura 2. L'attrezzatura per prove 3PB è composta da una piastra inferiore su cui alloggianno due cilindri metallici, di lunghezza trasversale 16 cm e diametro 3 cm, posti ad interasse di 24 cm. Su di essi viene poggiato il provino prismatico. Un terzo cilindro metallico, centrato e parallelo alla superficie superiore del provino, applica il carico verticale con velocità costante pari a 50.8 mm/min. Il software per la gestione della pressa memorizza in continuo i dati di carico  $P$  applicato e spostamento verticale  $\delta$  in mezzeria, entrambi registrati dalla cella di carico della pressa, fino a un valore di spostamento verticale pari a 15 mm.

<p>autostrade//per l'italia</p>	<p>Rev. 1 del 12/06/2022</p>	
<p>Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali</p>	<p>Pagina 5 di 7</p>	<p>Determinazione del coefficiente di prestazione di geocompositi impiegati come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso</p>

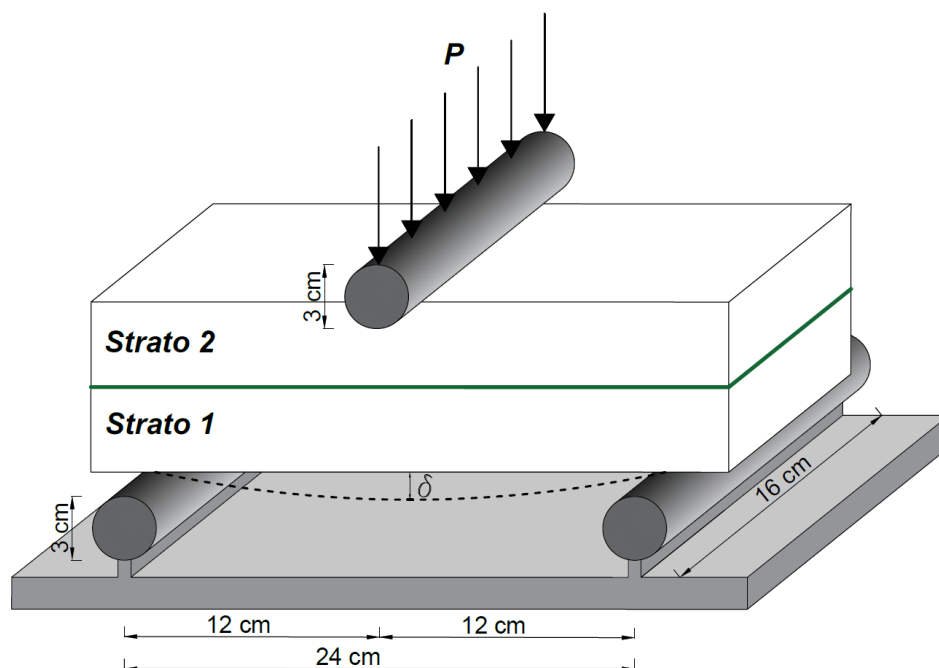


Figura 2. Configurazione di prova 3PB


Sono richieste un minimo di due ripetizioni per ogni configurazione di interfaccia indagata ( $NR/R$ ).

## 6.0 ELABORAZIONE DEI RISULTATI

La determinazione del coefficiente di prestazione del geocomposito si basa su un'analisi energetica delle curve sperimentali di carico-spostamento del sistema rinforzato ( $R$ ) e non rinforzato ( $NR$ ).

La Figura 3 mostra un esempio di curva carico-spostamento, la cui area sottesa rappresenta l'energia totale ( $E_{tot}$ ) dissipata dal sistema. Tale energia  $E_{tot}$  viene suddivisa in due contributi:

- $E_i$  = energia di innesco. È l'area sottesa dalla curva fino al raggiungimento del carico di picco  $P_{max}$ , e corrisponde alla fase di innesco della fessura alla base del provino.
- $E_p$  = energia di propagazione. È l'area sottesa dalla curva dal raggiungimento del carico di picco  $P_{max}$  fino a fine prova (spostamento verticale di 15 mm), e corrisponde alla fase di propagazione della fessura attraverso l'intero spessore del sistema bistrato pari all'atezza totale  $H$ . Si calcola come  $E_{tot} - E_i$ .

	Rev. 1 del 12/06/2022	
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 6 di 7	Determinazione del coefficiente di prestazione di geocompositi impiegati come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso

L'energia di propagazione viene a sua volta suddivisa in due contributi:

$E_1$  = energia di propagazione nello *Strato 1*.

$E_2$  = energia di propagazione nello *Strato 2*.

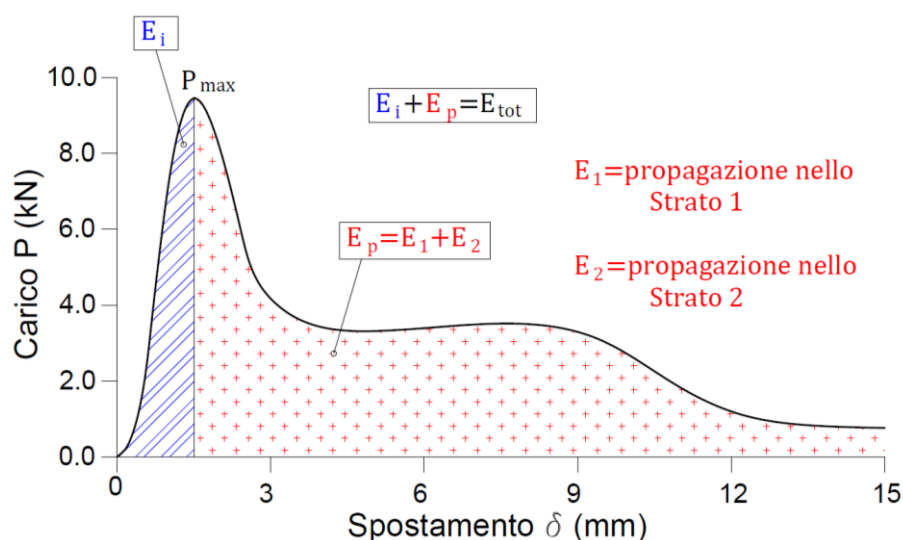


Figura 3. Esempio di curva sperimentale da prova 3PB

Il processo di calcolo per la determinazione del coefficiente di prestazione del geocomposito è suddivisibile in 3 passaggi principali, che sono facilmente eseguibili con un foglio di calcolo Excel.

*Passaggio 1 - Analisi energetica sul sistema non rinforzato di riferimento*

Per il sistema non rinforzato (apice *NR*) di riferimento, l'energia di propagazione in ciascuno strato (strato 1 = strato inferiore, strato 2 = strato superiore) è proporzionale all'area di conglomerato resistente in ciascuno di essi:

$$E_1^{NR} = E_p^{NR} \times \frac{h_1^{NR}}{H^{NR}} \times \frac{b_1^{NR}}{B^{NR}}$$


$$E_2^{NR} = E_p^{NR} \times \frac{h_2^{NR}}{H^{NR}} \times \frac{b_2^{NR}}{B^{NR}}$$

*Passaggio 2 - Equivalenza dell'energia  $E_1$  del sistema rinforzato e non rinforzato*

Si assume l'ipotesi (confermata sperimentalmente) che il geocomposito non influenzi l'innesco della fessurazione e la sua propagazione nello strato inferiore (strato 1). Quindi l'energia di propagazione del sistema rinforzato nello *Strato 1* si pone uguale alla corrispondente del sistema non rinforzato, normalizzata per le reali dimensioni degli strati:

$$E_{1,norm}^R = E_1^{NR} \times \frac{h_1^R}{h_1^{NR}} \times \frac{b_1^R}{b_1^{NR}}$$

*Passaggio 3 - Analisi energetica sul sistema rinforzato*

	Rev. 1 del 12/06/2022	
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 7 di 7	Determinazione del coefficiente di prestazione di geocompositi impiegati come rinforzo tra strati di conglomerato bituminoso

Si normalizza anche l'energia di propagazione del sistema rinforzato rispetto alle dimensioni del non rinforzato:

$$E_{p,norm}^R = E_p^R \times \frac{H^R}{H^{NR}} \times \frac{B^R}{B^{NR}}$$

Si ricava quindi l'energia di propagazione nello *strato 2*:

$$E_{2,norm}^R = E_{p,norm}^R - E_{1,norm}^R$$

#### *Determinazione del coefficiente di prestazione del geocomposito*

Poiché la sola energia di propagazione risente effettivamente della presenza del rinforzo, il *coefficiente di prestazione del geocomposito* è definito come il rapporto tra le energie di propagazione nello strato superiore del sistema rinforzato e di riferimento:

$$k = \frac{E_{2,norm}^R}{E_2^{NR}}$$

Valori di  $k$  maggiori di 1 indicano che il geocomposito ritarda la propagazione della fessurazione e all'aumentare di  $k$  aumentano le prestazioni "anti fessurazione di riflessione" del geocomposito.

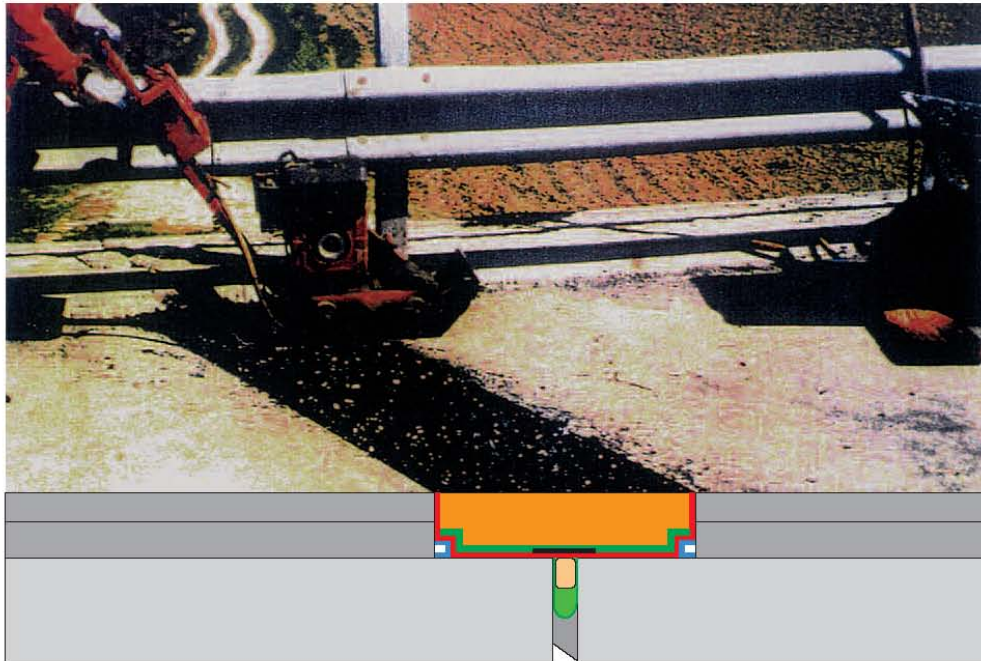
**ALLEGATO 10:**

**GIUNTO A TAMPONE VISCOELASTICO A CALDO**

---

# GIUNTO A TAMPONE VISCOELASTICO A CALDO

Fasi della posa in opera





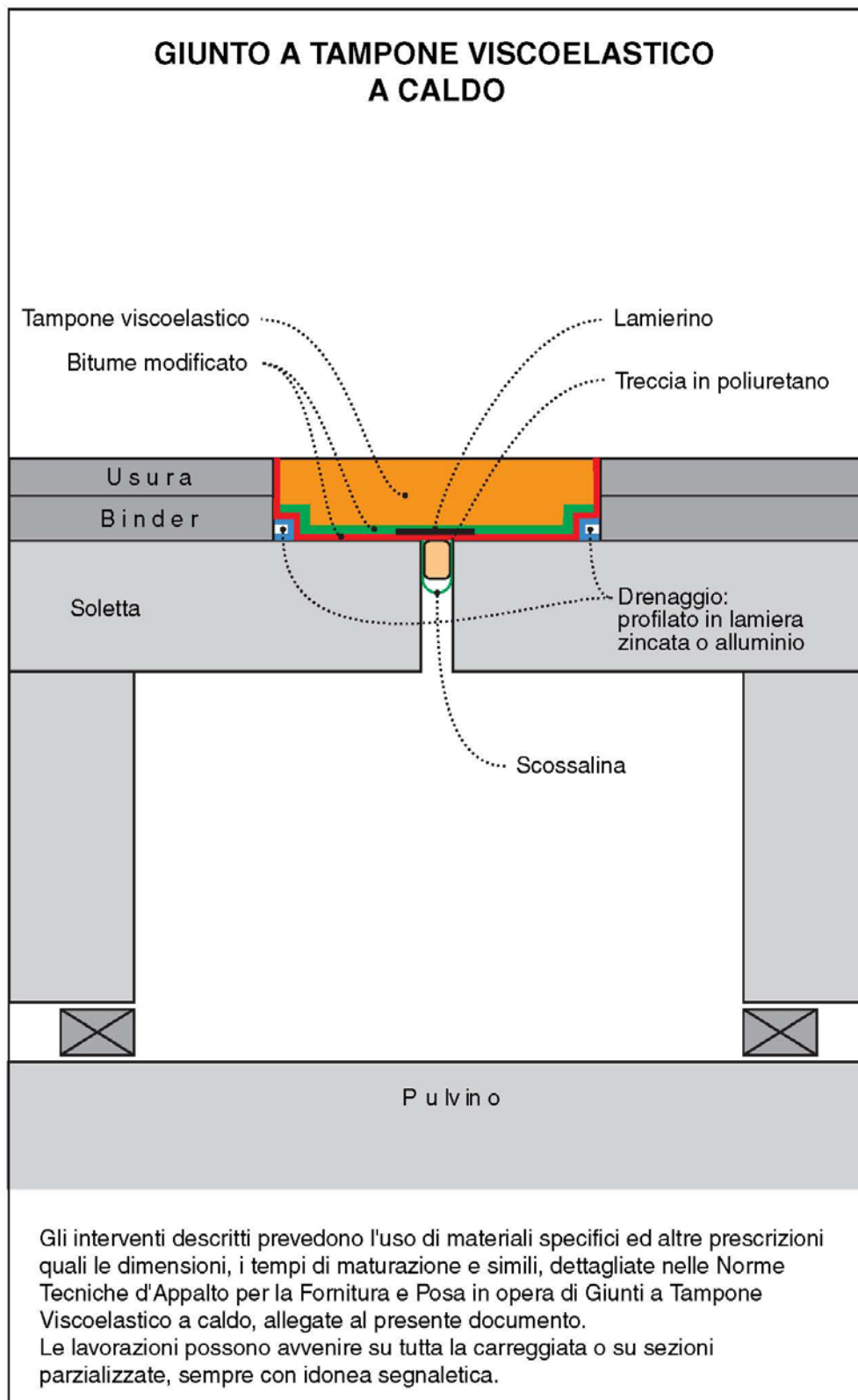
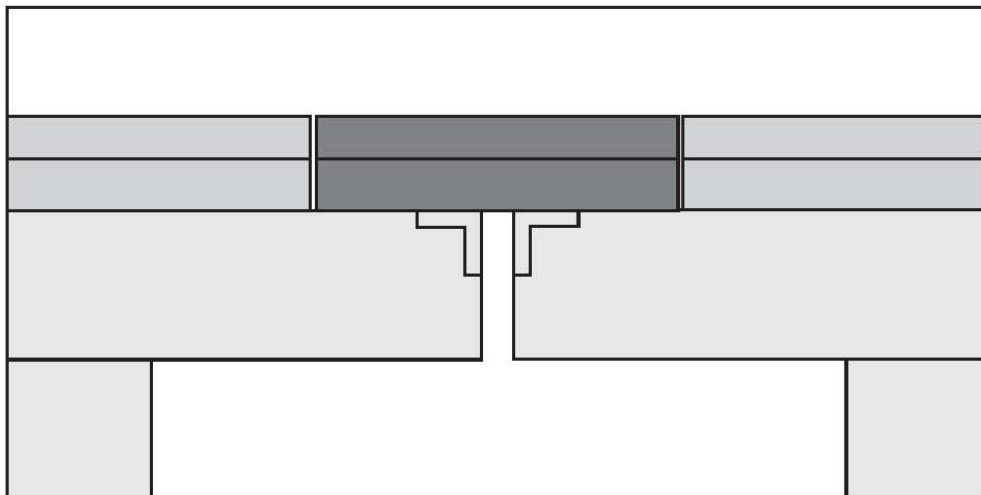
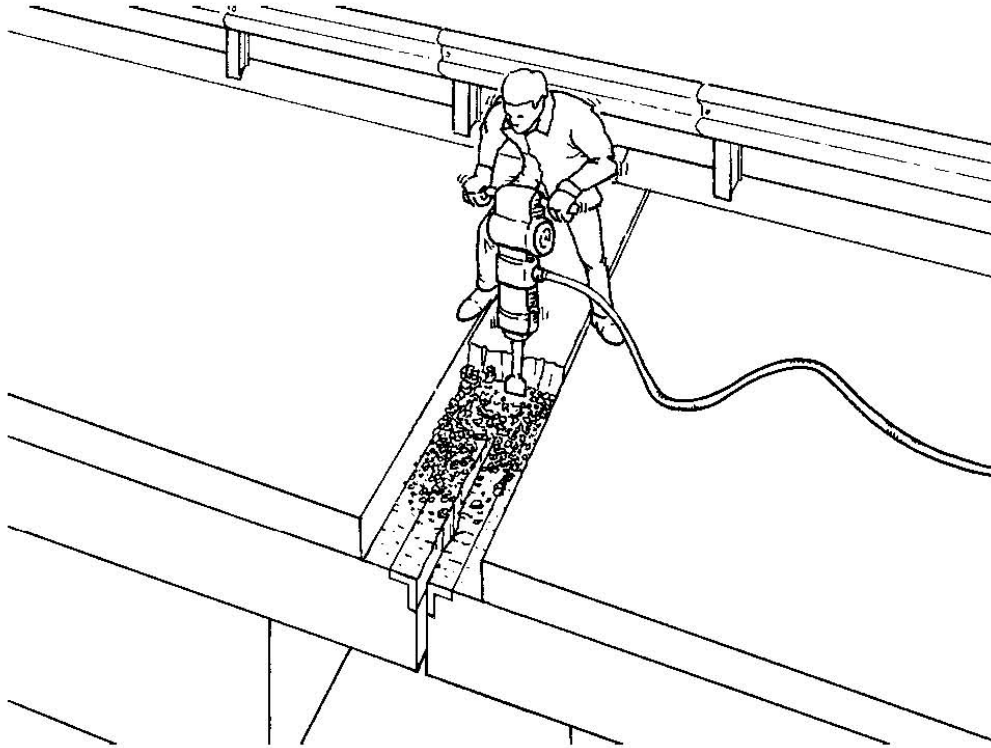
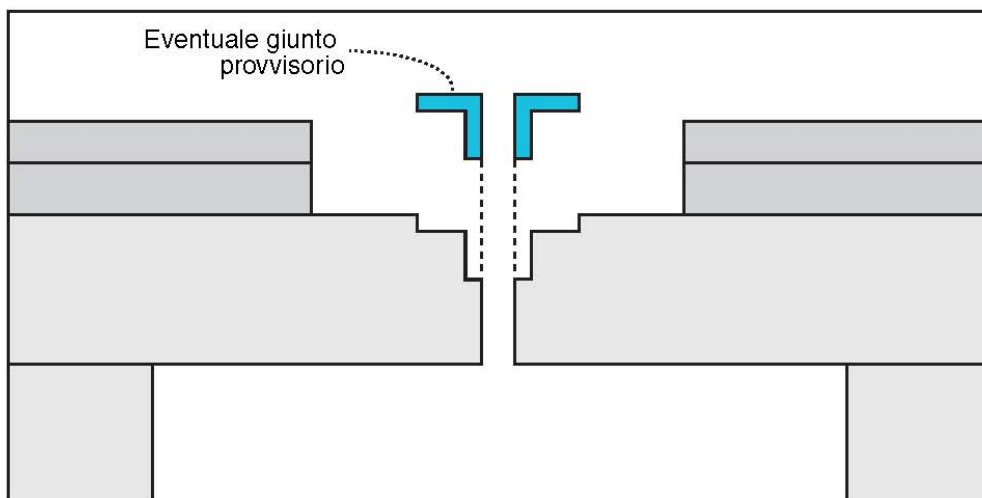
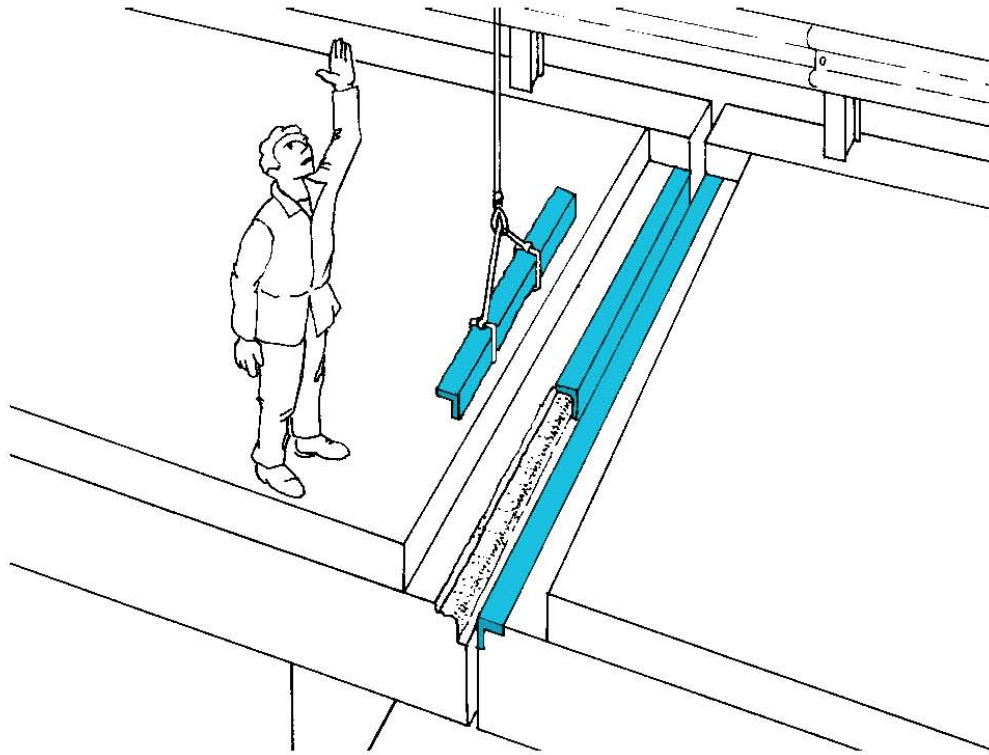


Figura 1



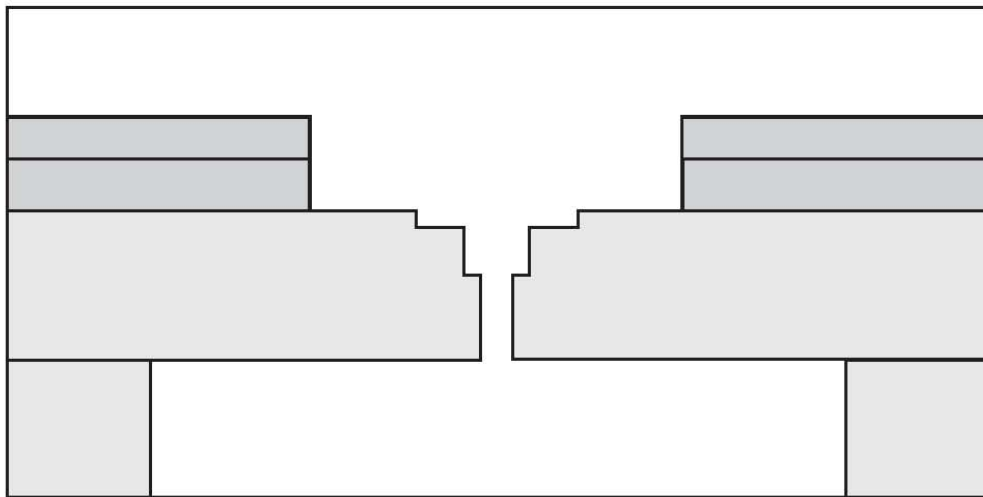
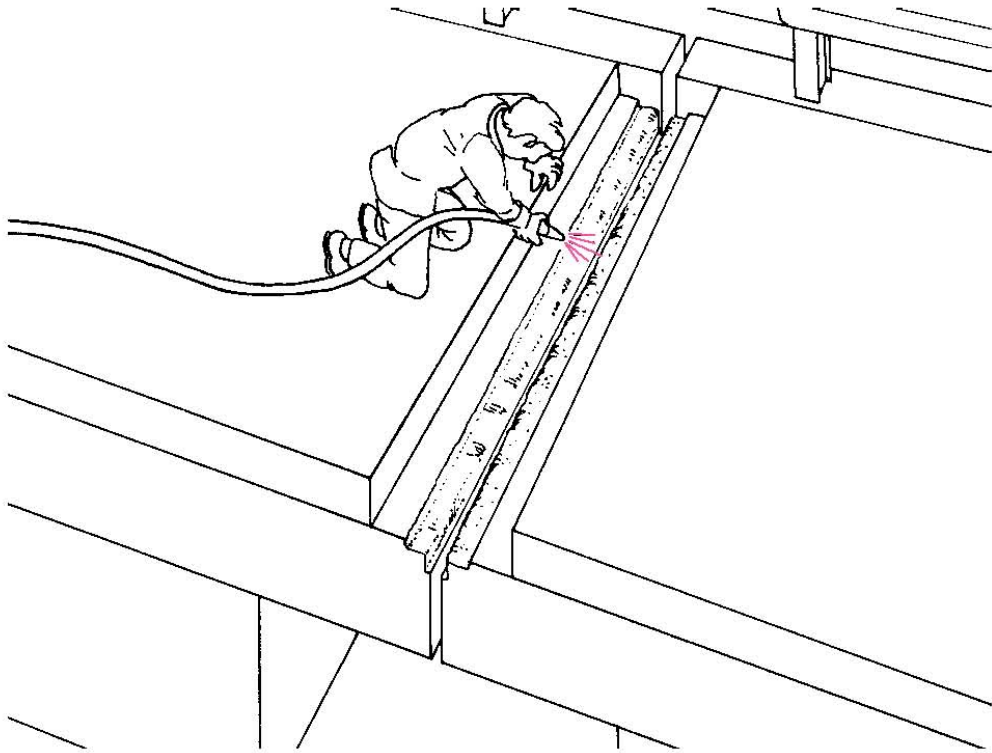
- a) Taglio della pavimentazione mediante sega clipper per l'intero spessore, fino all'estradosso della soletta.
- b) Demolizione della pavimentazione e dell'eventuale strato sottostante impermeabilizzante.
- c) Trasporto a discarica di tutto il materiale di risulta.

Figura 2



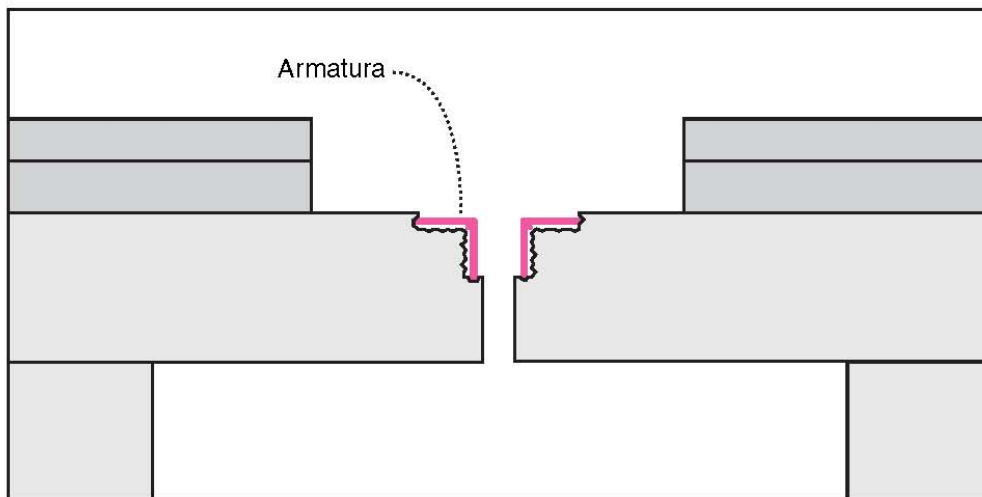
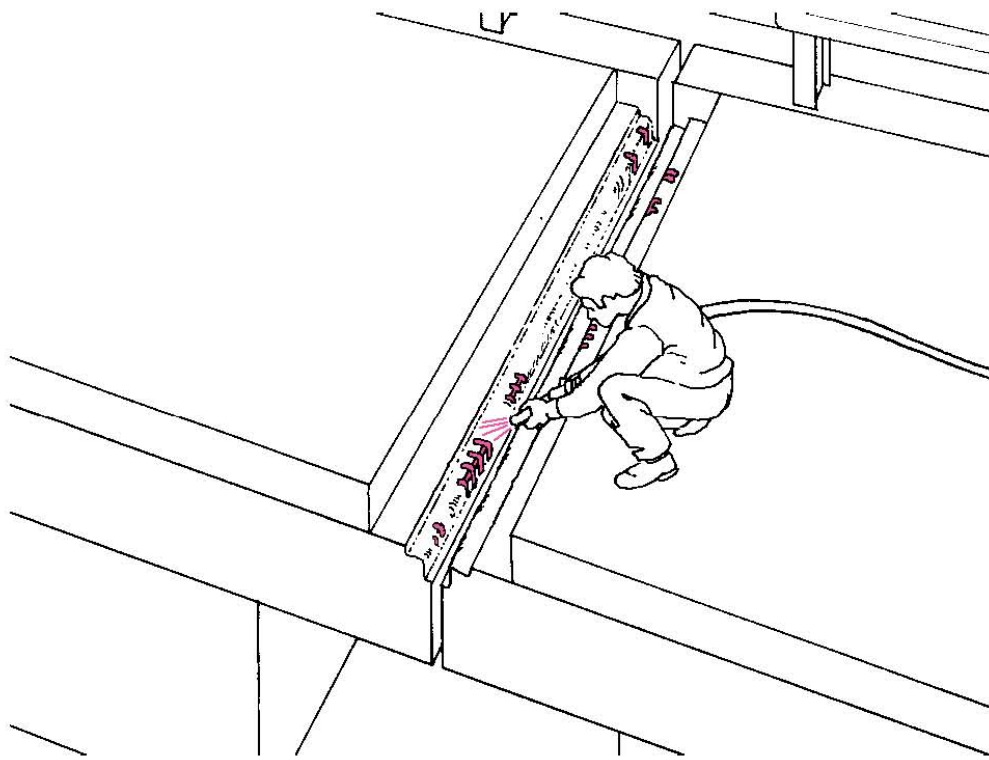
Asportazione di eventuali materiali aventi funzione di giunto provvisorio.

Figura 3



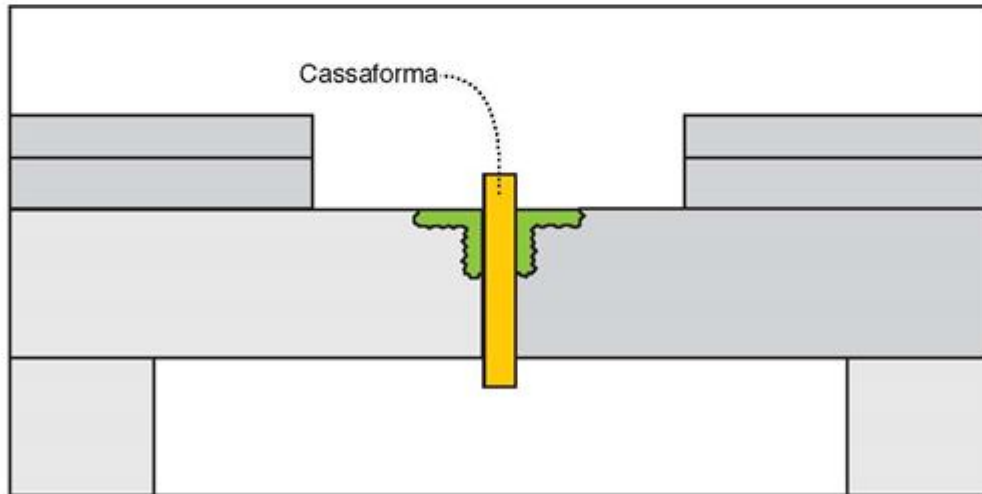
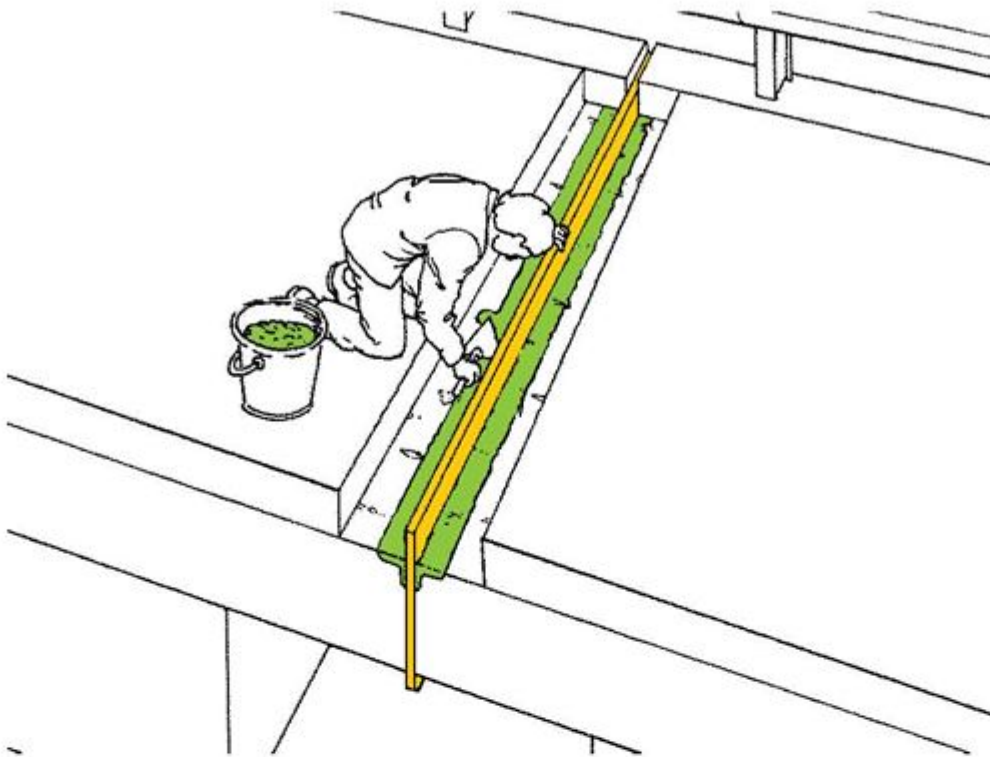
Accurata pulizia del piano di posa del tampone o asportazione del calcestruzzo degradato o in fase di distacco.

Figura 4



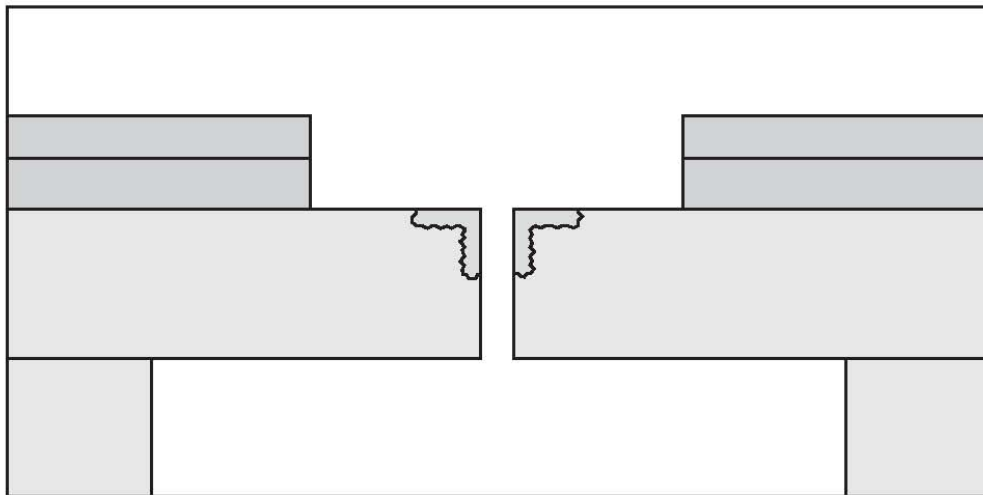
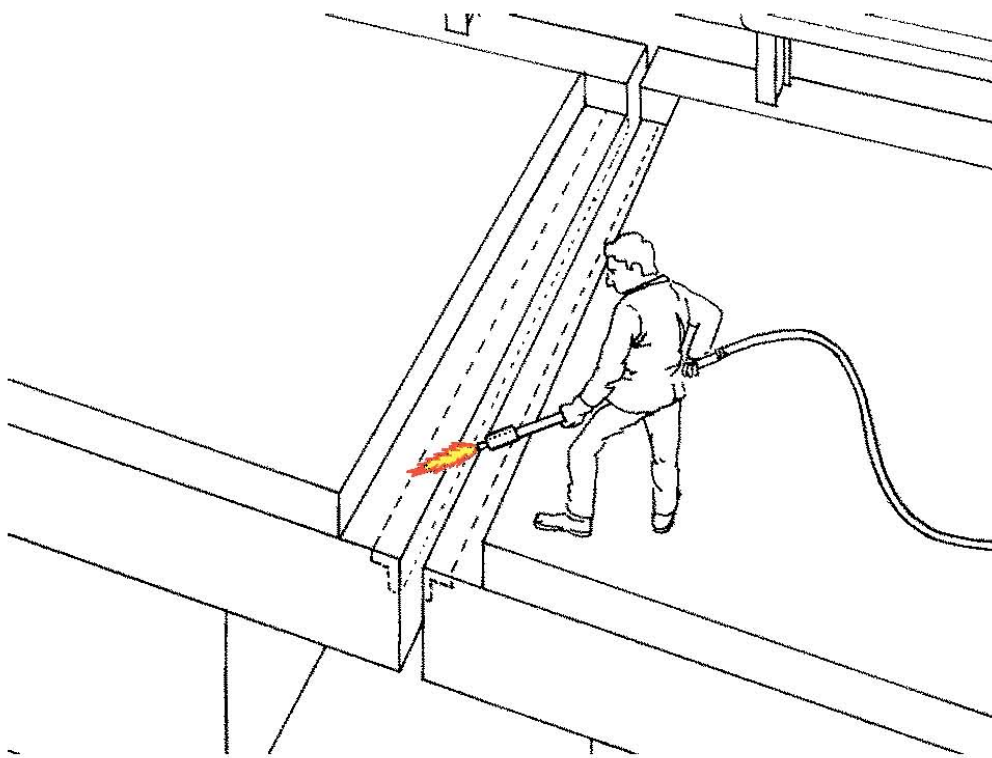
Trattamento di sabbiatura dell'armatura eventualmente scoperta.

Figura 5



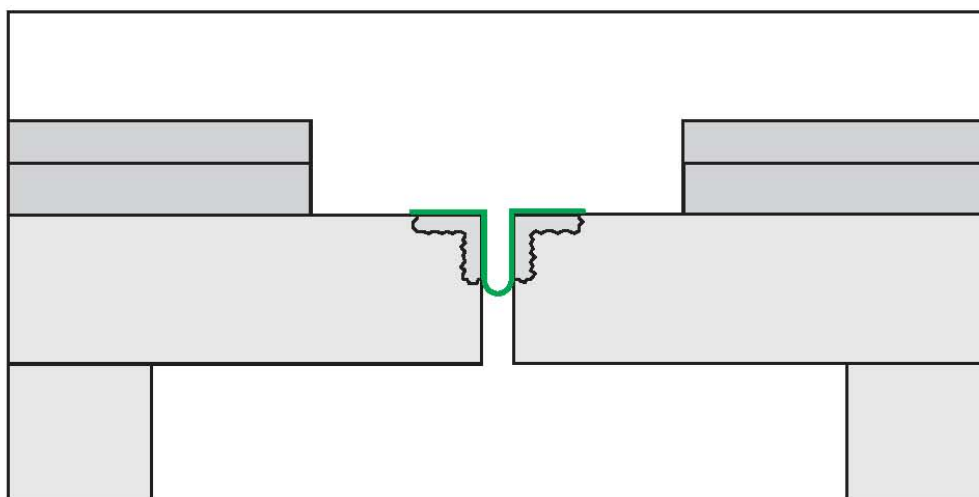
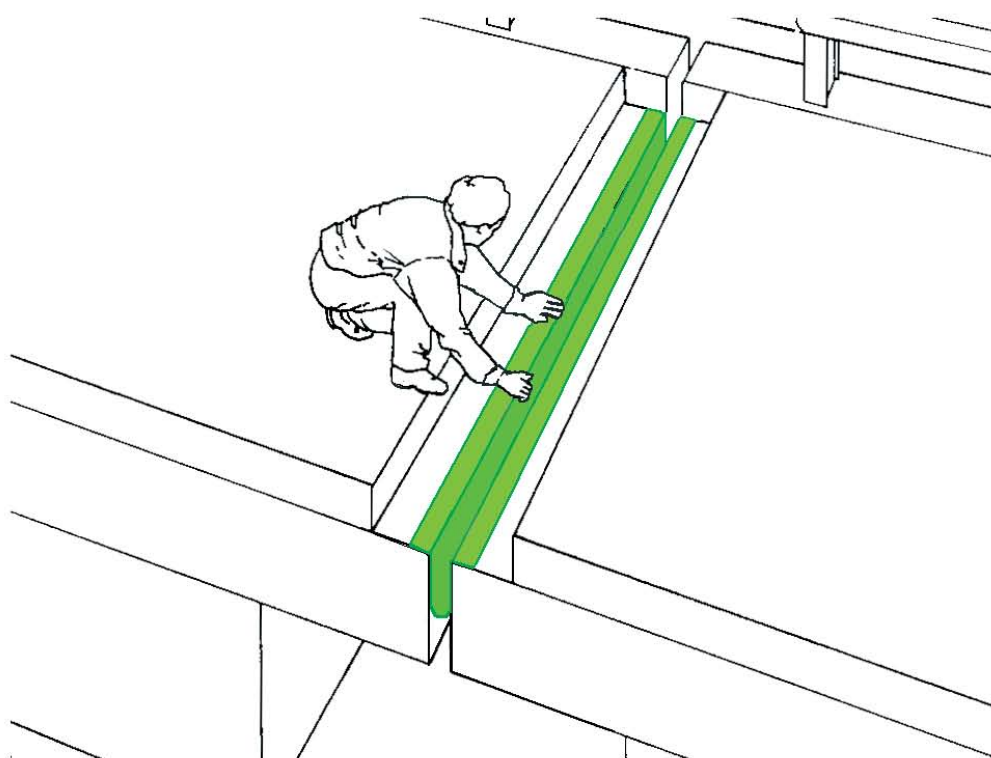
Eventuale ripristino delle testate della soletta con malta reoplastica fibrorinforzata mantenendo la giusta distanza tra le testate contrapposte.

Figura 6



Asciugatura della sede del giunto a mezzo di lancia termica.

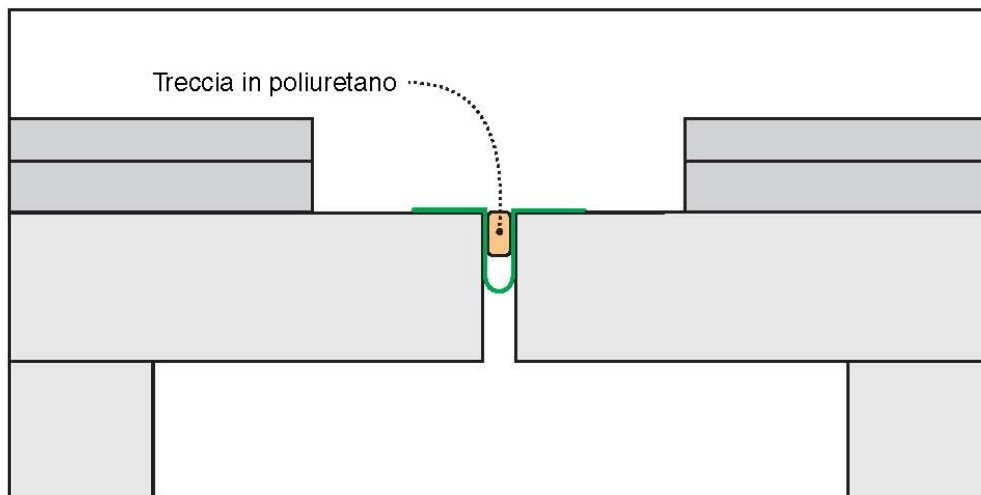
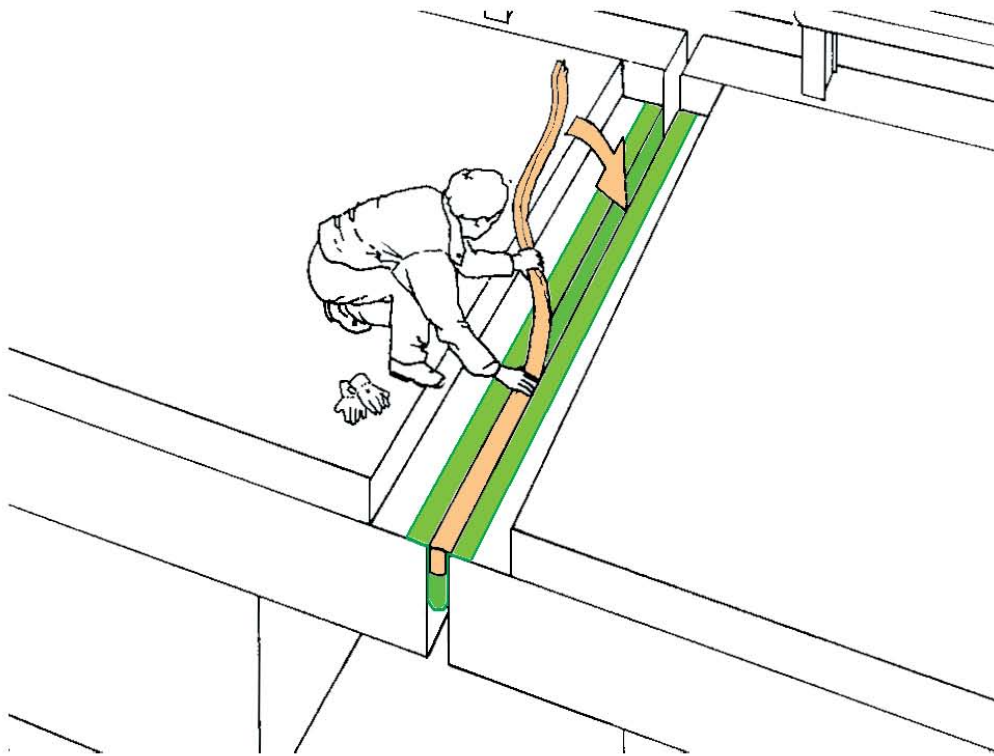
Figura 7



Posizionamento della scossalina.

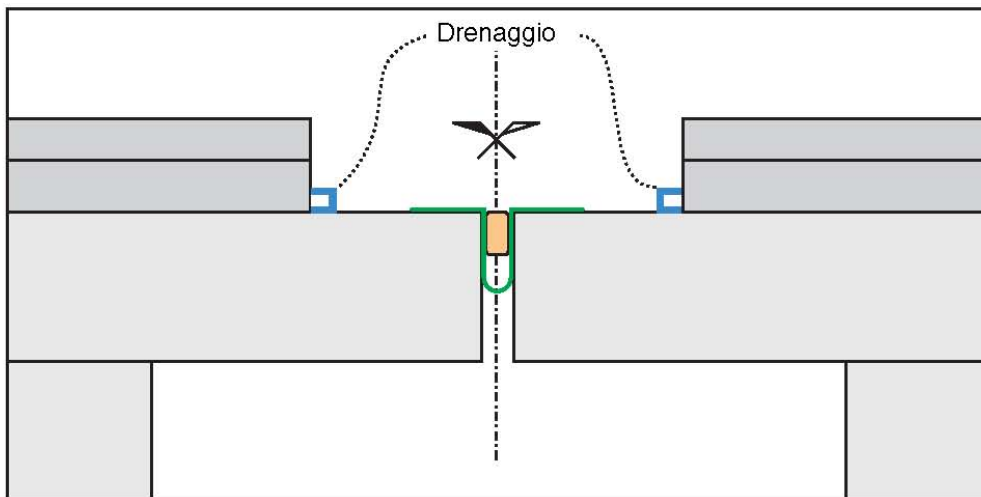
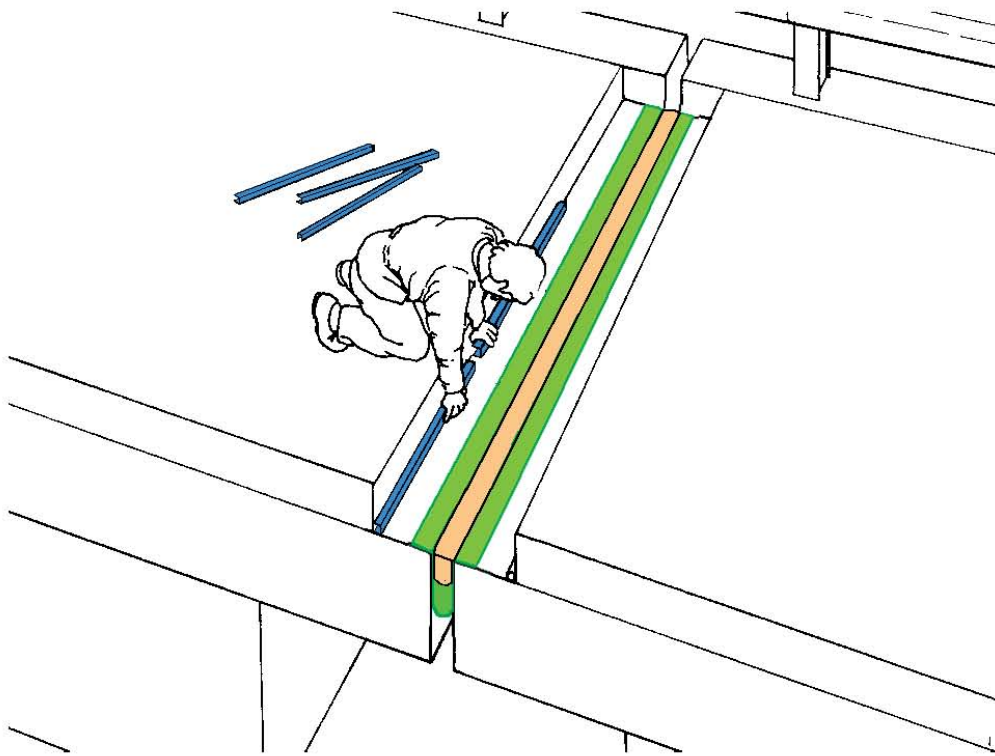


Figura 8



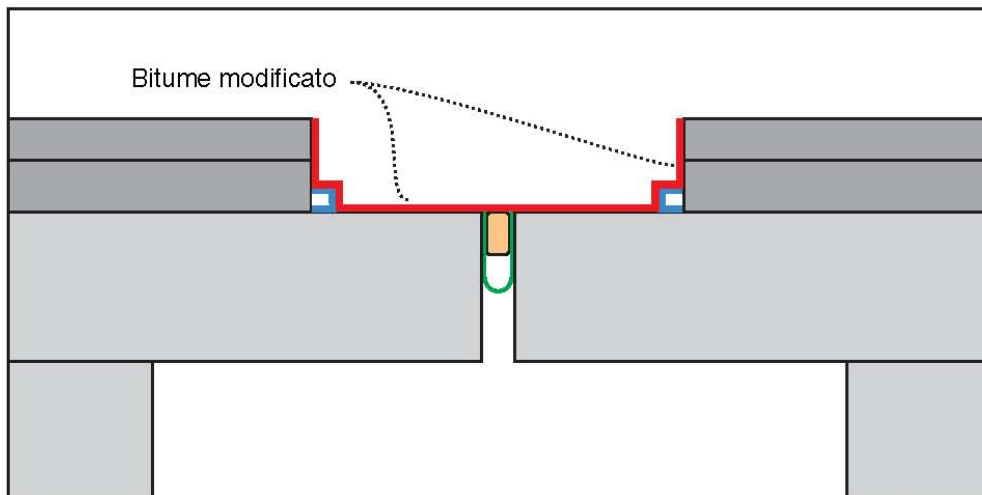
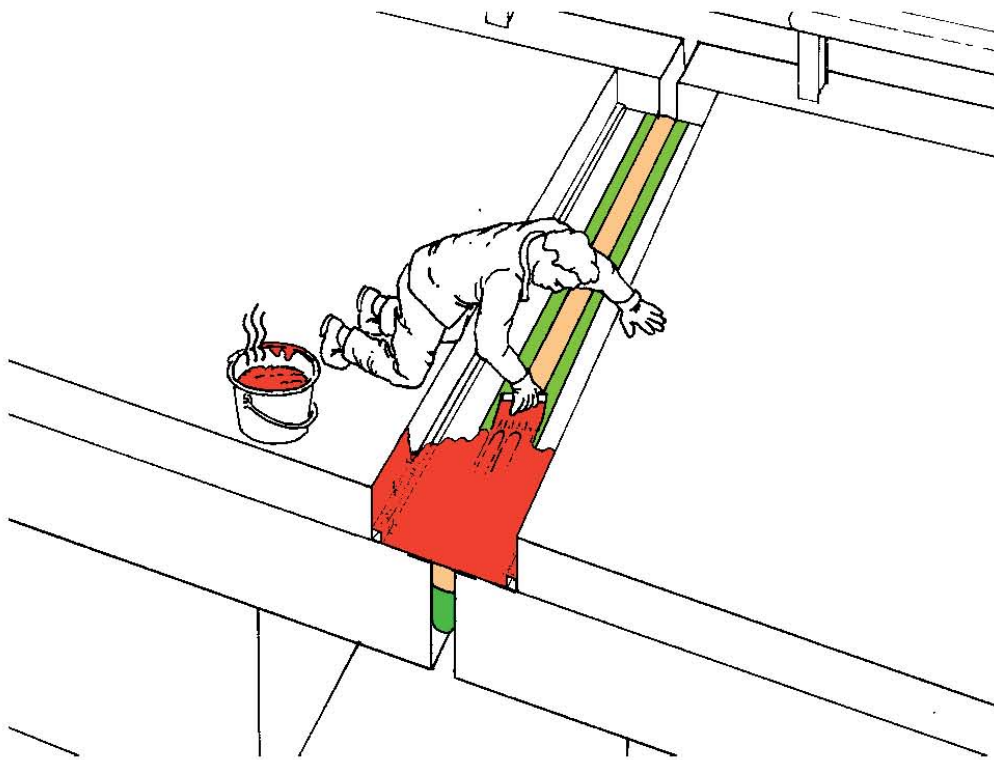
Inserimento a forza all'interno dello spazio fra le testate delle solette dell'impalcato di una treccia in poliuretano espanso avente la funzione di contenere la prima colata di bitume modificato.

Figura 9



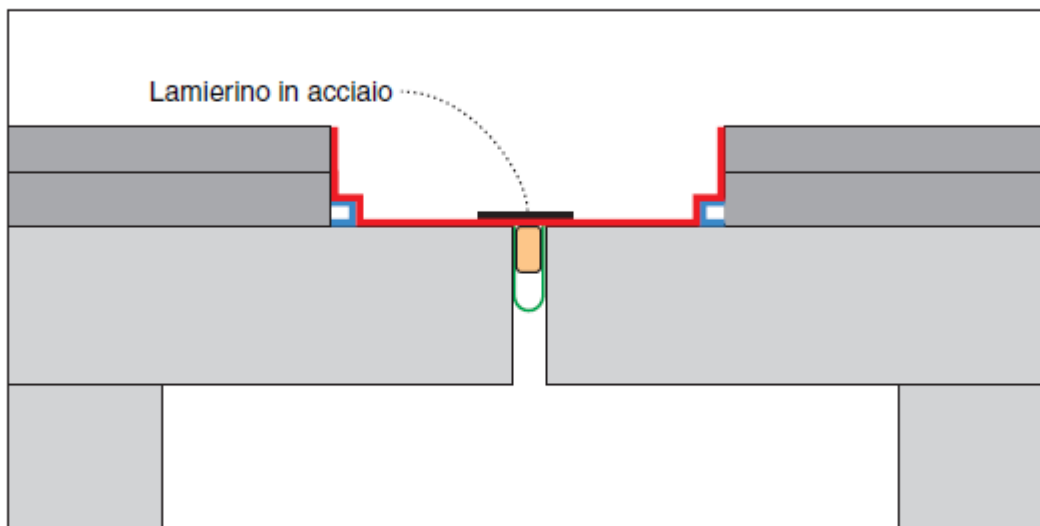
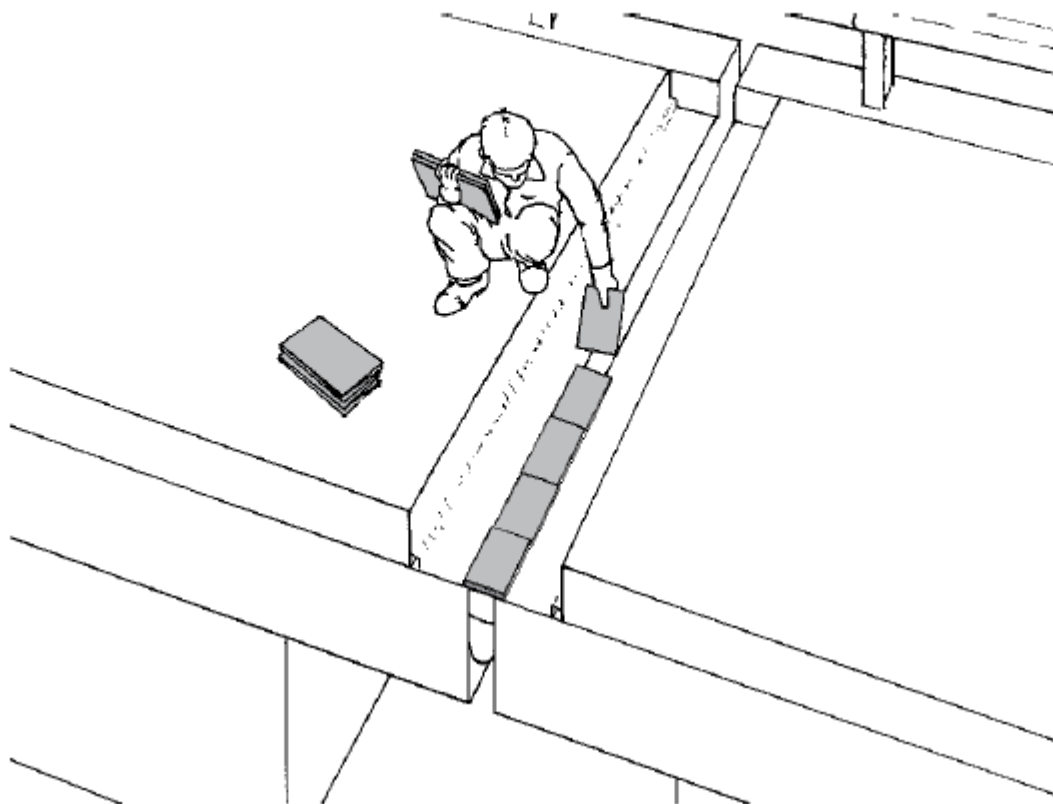
Posa del dispositivo di drenaggio: profilato in lamiera zincata o alluminio.

Figura 10



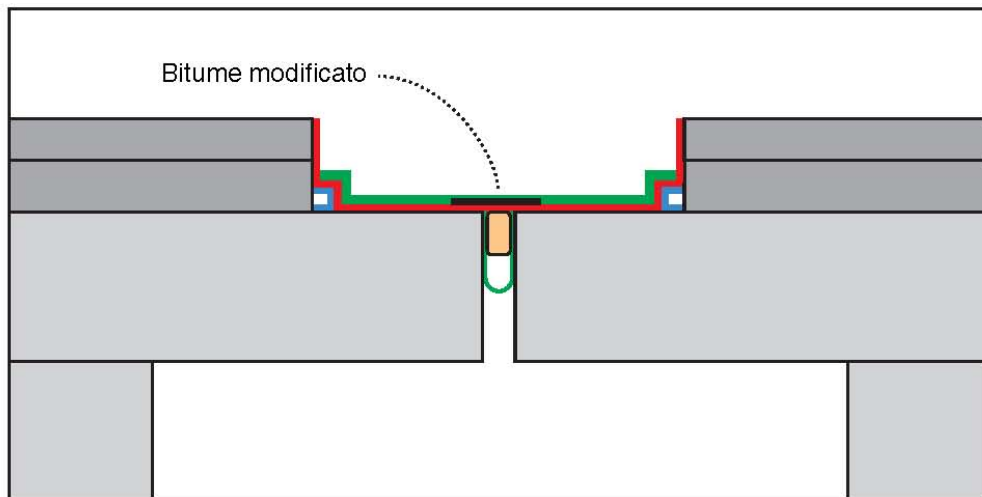
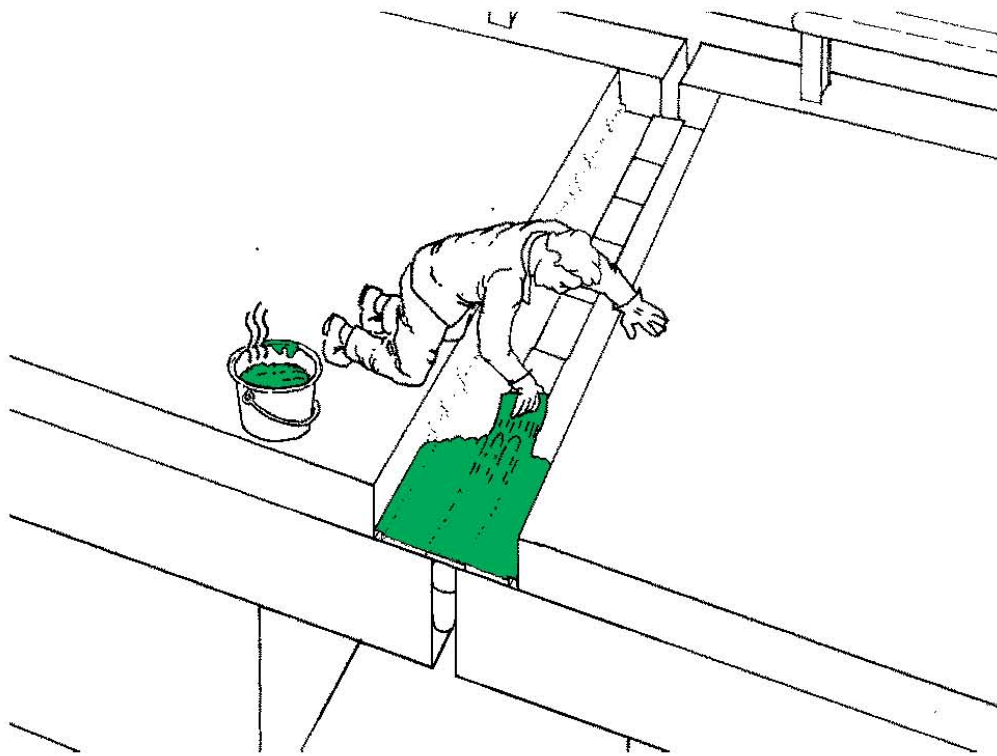
Prima colata di bitume modificato su tutta la sede del giunto (pareti verticali e fondo).

Figura 11



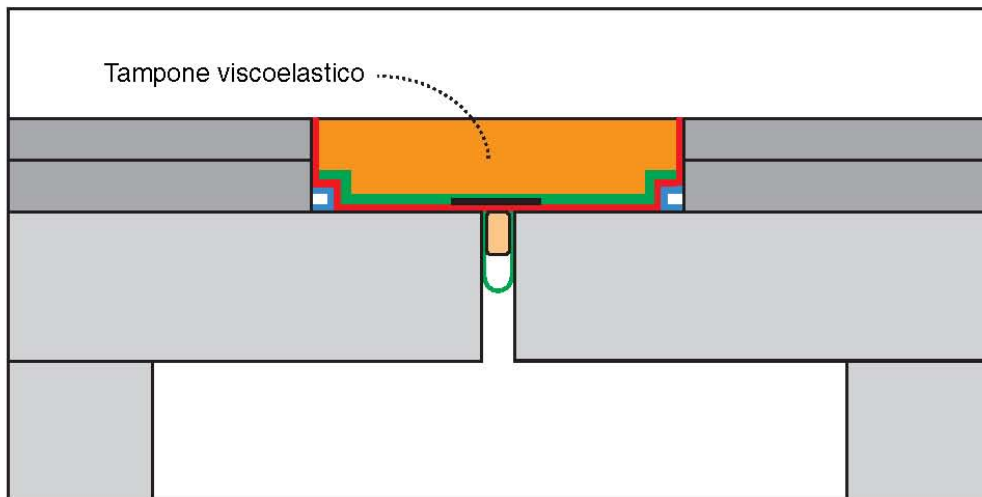
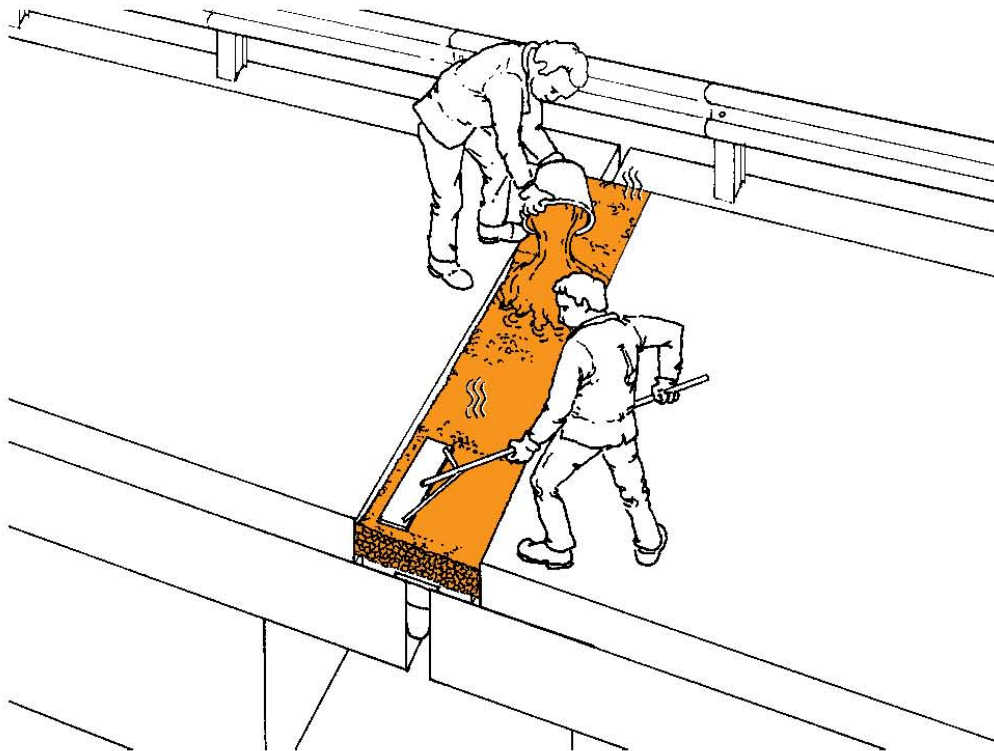
Posa del dispositivo di sostegno in lamierino di adeguata larghezza e spessore e lunghezza pari a 0,30 m, collocati l'uno accanto all'altro.

Figura 12



Seconda colata di bitume modificato sull'intera superficie orizzontale.


Figura 13



Realizzazione del tampone mediante stesa in unico o più strati e successivo costipamento del materiale fino a raggiungere una perfetta complanarità col piano viario.


**ALLEGATO 11:**

**TARIFFARIO Centro Rilevamento Dati e Prove Materiali**

	Rev. 0 del 12/06/2019	MOD128
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 1 di 2	Tariffario prove laboratorio





	Rev. 0 del 12/06/2019	MOD128
Centro Rilevamenti Dati e Prove Materiali	Pagina 2 di 2	Tariffario prove laboratorio

Codice Prova	Descrizione Prova	Prezzo euro	Normativa
AC01	Analisi granulometrica/modulo finezza/passante 63 µm	50,26	Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati Determinazione della distribuzione granulometrica Analisi granulometrica per staccatura - UNI EN 933-1:2012
AC04	Massa volumica e assorbimento con picnometro (tra 0,063 e 4 mm e tra 4 e 31,5 mm)	36,96	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua Metodo del picnometro per aggregati compresi tra 0,063 e 31,5 mm UNI EN 1097-6:2013
AC05	Massa volumica e assorbimento con pesata idrostatica (tra 31,5 e 63 mm)	36,73	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati Determinazione della massa volumica dei granuli e dell'assorbimento d'acqua Metodo con cestello a rete per aggregato con granuli compresi tra 31,5 e 63 mm UNI EN 1097-6:2013
AC06	Umidità degli aggregati	17,19	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione del contenuto d'acqua per essiccazione in forno ventilato UNI EN 1097-5:2008
AC09	Sensibilità al gelo e disgelo	300,00	Prove per determinare le proprietà termiche e la degradabilità degli aggregati - Determinazione della resistenza al gelo e disgelo - UNI EN 1367-1:2007
AC10	Resistenza alla frammentazione (Los Angeles) degli aggregati grossi per la confezione di ds	101,58	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati determinazione della resistenza alla frammentazione mediante il metodo di prova LOS ANGELES - UNI EN 1097-2:2010
AC15	Prova dell'equivalente in sabbia	50,09	Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati valutazione dei fini - Prova dell'equivalente in sabbia UNI EN 933-8:2015
AC18	Indice di forma	77,09	Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati Determinazione della forma dei granuli - Indice di forma UNI EN 933-4:2008
AC19	Coefficiente di appiattimento	100,68	Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento UNI EN 933-3:2012
AC20	Blu di metilene	52,35	Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati Valutazione dei fini - Prova del blu di metilene UNI EN 933-9:2013
CB02A	Contenuto di legante e granulometria (Automatico)	93,28	Miscela bituminosa - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 1: Contenuto di legante solubile UNI EN 12697-1:2012 Analisi granulometrica per staccatura - UNI EN 933-1:2012
CB03	Contenuto di legante e granulometria (Ignizione)	81,88	Miscela bituminosa - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 39: Contenuto di legante mediante ignizione - UNI EN 12697-39:2012 Analisi granulometrica per staccatura - UNI EN 933-1:2012
CB04	Peso di volume con pesata idrostatica	40,53	Peso di volume con paraffina - UNI CEN ISO/TS 17892-2: 2015 Parte 2 metodo con immersione in acqua
CB05	Peso di volume geometrico	10,00	Peso di volume geometrico metodo di prova interno MPI-PA004
CB07	Caratteristiche di schiumaggio di un bitume	160,48	Bitumi e leganti bituminosi BITUME SCHIUMATO Determinazione del Rapporto di Espansione e Tempo di Semi-Trasformazione (MPI-PA010)
CB11	Pressa Giratoria	208,57	Miscela bituminosa - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 31 preparazione del provino con pressa giratoria metodo di prova interno MPI-PA002
CB12g	Diametrale giratoria	40,22	Miscela bituminosa - Metodi di prova per conglomerati bituminosi a caldo - Parte 23: Determinazione della resistenza a trazione indiretta di provini bituminosi UNI EN 12697-23:2018 - metodo di prova interno MPI-PA008
CB18	Capacità drenante con permeabilmetro	34,82	Determinazione della capacità drenante di strati superficiali di pavimentazione metodo di prova interno MPI-PA008
CB22	Determinazione della portanza con LFWD	26,11	metodo di prova interno MPI-PA009
LB02	Determinazione della penetrazione a T = 25° C	41,16	Bitumi e leganti bituminosi Determinazione della penetrazione con ago UNI EN 1426:2015
LB03	Determinazione del punto di rammollimento (metodo palla e anello)	44,64	Bitumi e leganti bituminosi Determinazione del punto di rammollimento - Metodo biglia ed anello UNI EN 1427:2015
LB11	Determinazione della viscosità dinamica (per singola temperatura)	87,64	Bitumi e leganti bituminosi Determinazione della viscosità dinamica di un bitume metodo di prova interno MPI-PA001
LB24	Determinazione del ritorno elastico a T=25° C.	75,34	Bitumi e leganti bituminosi Determinazione del ritorno elastico di un bitume modificato UNI EN 13398:2010
LB25	Determinazione della stabilità nel tempo (Tube Test)	140,94	Bitumi e leganti bituminosi Determinazione della stabilità allo stoccaggio di un bitume modificato UNI EN 13399:2010
MS01	Determinazione dell'indice di rifrazione delle microsferi di vetro	25,75	MATERIALI PER LA SEGNALETICA ORIZZONTALE DETERMINAZIONE DELL'INDICE DI RIFRAZIONE DELLE MICROSFERE DI VETRO Metodo dell'immersione con illuminazione obliqua - UNI EN ISO 1423:2004
MS02	Analisi granulometrica delle microsferi di vetro	37,34	MATERIALI PER LA SEGNALETICA ORIZZONTALE ANALISI GRANULOMETRICA DELLE MICROSFERE DI VETRO UNI EN 1423:2004 ISO 2591-1
ND16	Pull-Out Tirafondi	10,00	Prova di trazione mediante martinetto idraulico (pull-Out Test) di tirafondi per Barriere di Sicurezza (Metodo prova interno MPIBM001)
TE19	Coefficiente di levigabilità accelerata (CLA)	247,05	Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Determinazione del valore di levigabilità - UNI EN 1097-8:2009
VE04	Determinazione del tempo di essiccazione (metodo per impronta)	24,14	Prodotti vernicianti determinazione del tempo di essiccamento a temperatura ambiente (metodo per impronta) ASTM D 1640 - 83 (riapprovato 1989)
VE18A	Determinazione delle coordinate cromatiche e del fattore di luminanza di una pittura	37,54	Materiali per segnaletica orizzontale proprietà fisiche - UNI EN 1871:2002 determinazione delle coordinate cromatiche e del fattore di luminanza
VE30	Determinazione del contenuto di solidi, del contenuto di cariche e del legante di un prodotto verniciante	152,35	Materiali per segnaletica orizzontale - Metodi di laboratorio per l'identificazione determinazione del contenuto di sostanze solide - UNI EN 12802:2001 determinazione del contenuto di cariche e del contenuto del legante polimerico - metodo di prova interno MPI-CS006
VE31	Determinazione della massa volumica di un prodotto verniciante	24,12	Caratterizzazione prodotti vernicianti Determinazione della densità - ASTM D1475/90