

## Articolo 25 TAPPETO DI USURA CON POLVERINO DI GOMMA TIPO DRY ITALIA

Il conglomerato bituminoso con polverino di gomma tipo “dry Italia” è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati naturali, bitume modificato ad alta lavorabilità, additivi e polverino di gomma da PFU inserito direttamente al momento della miscelazione (tecnica dry).

A differenza del tradizionale metodo “dry”, che utilizza bitume tal quale (non modificato) e consiste nel sostituire una piccola parte della sabbia con granuli di polverino di gomma, la tecnica “dry Italia” prevede l’impiego di bitume modificato ad alta lavorabilità e polverino di gomma con granulometria molto fine. Non si tratta più di sostituire la sabbia, ma il filler, evitando così i fenomeni di possibile sgranamento.

L’impiego del bitume modificato garantisce il miglioramento delle prestazioni meccaniche, mentre l’alta lavorabilità consente la riduzione dei fumi prodotti nella fase di miscelazione e stesa.

La particolare granulometria degli aggregati e l’inserimento del polverino di gomma permettono una consistente riduzione del rumore di rotolamento.

Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-5.

### A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

#### 1) Aggregati

Gli aggregati naturali costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo con polverino di gomma. Essi risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13043.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati ed i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

La designazione dell’aggregato grosso deve essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L’aggregato grosso può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

<b>Tabella A.1</b>					
<b>AGGREGATO GROSSO</b>					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA <sub>20</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C <sub>1000</sub>
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F <sub>1</sub>
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI <sub>30</sub>
Assorbimento d’acqua	UNI EN 1097-6	WA <sub>24</sub>	%	≤1,5	WA <sub>242</sub>
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	%	≥44	PSV <sub>44</sub>

La designazione dell’aggregato fine deve essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l’impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima di 4 mm ( $D_{max}=4$  mm).

L’aggregato fine può essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2. Qualora l’aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità  $PSV \leq 44$  il trattenuto al setaccio 2 mm non deve essere maggiore del 20%.

**Tabella A.2**

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥70	-
Massa di granuli proveniente da sabbie di frantumazione			%	100	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤10	f <sub>10</sub> (*)

(\*) Quando il passante al setaccio 0,063 mm è inferiore al 3% in massa non sono richieste ulteriori prove; quando è compreso tra il 3% ed il 10% deve essere determinato il valore di blu di metilene (UNI EN 933-9), che deve risultare ≤ 25 g/kg (MB<sub>F</sub>25).

Il filler, frazione passante al setaccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

La granulometria dell'aggregato filler, determinata secondo la norma UNI EN 933-10, deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

**Tabella A.3**

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V <sub>28,45</sub>
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ <sub>R&amp;B</sub>	%	≥5	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

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

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13108, parti 20 e 21.

## 2) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità. I bitumi modificati sono bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

I bitumi modificati ad alta lavorabilità contengono, oltre alla carica polimerica necessaria per migliorare le caratteristiche prestazionali del bitume, una percentuale di resine sintetiche cristalline (o prodotti simili) che conferiscono una maggiore lavorabilità al conglomerato bituminoso. Con questo tipo di bitume è possibile operare in fase di miscelazione e di stesa a temperature inferiori di circa 30 °C rispetto a quelle del corrispondente tipo di bitume modificato, rientrando quindi nell'ambito dei conglomerati bituminosi cosiddetti "tiepidi".

Il bitume modificato con polimeri ad alta lavorabilità deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice della Norma Europea Armonizzata UNI EN 14023.

Le proprietà richieste per il bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

**Tabella A.4**

BITUME MODIFICATO AD ALTA LAVORABILITA' PmB 25-55/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	25-55	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$3 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R <sub>E</sub>	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
<b>Valori dopo RTFOT</b>					
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 65	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 5	2

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A4 viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore del bitume modificato. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

### 3) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregato o al bitume, consentono di raggiungere le prestazioni richieste al conglomerato bituminoso. Possono essere impiegati per scopi diversi quali la riduzione della sensibilità all'acqua, il miglioramento della lavorabilità in condizioni di stesa difficili, la riduzione del rumore di rotolamento, il rinforzo strutturale.

Al fine di ridurre la **sensibilità all'acqua**, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, che può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7) e deve essere obbligatoriamente indicato nello studio della miscela.

Nella scelta del tipo di additivo deve essere verificata la sua compatibilità con i polimeri presenti nel bitume modificato.

Nei conglomerati bituminosi tipo “dry Italia” un particolare additivo è costituito dal **polverino di gomma** riciclata di pneumatici fuori uso (PFU), che viene immesso nel mescolatore dell'impianto di produzione del conglomerato bituminoso.

Nel metodo “dry Italia” il polverino deve essere a granulometria fine e deve essere ottenuto dal riciclo di pneumatici di soli camion.

Il polverino deve possedere le seguenti caratteristiche:

- gomma di pneumatico, 100% vulcanizzata;
- assenza di fibra, tessuto, metallo o di qualsiasi altro materiale contaminante;
- dopo la triturazione deve presentarsi come una polvere, non incollata, di materiale granulare con un peso specifico di  $1,15 \pm 0,05$  g/cm<sup>3</sup>;
- quantità di polvere minerale, carbonato di calcio o talco (utilizzato per impedire l'aderenza delle particelle), non superiore al 4% del peso della gomma;
- contenuto d'acqua non superiore al 2% in peso, per evitare la formazione di bollicine d'aria durante il processo di miscelazione.

La granulometria del polverino di gomma riciclata deve rispettare i requisiti indicati in Tabella A.5.

**Tabella A.5**

GRANULOMETRIA POLVERINO DI GOMMA		
Serie ISO 525	mm	% di passante
Setaccio	0,600	100
Setaccio	0,425	45-70
Setaccio	0,250	5-25
Setaccio	0,075	0-5

Il dosaggio del polverino di gomma riciclata deve essere comprese tra 1,0% e 1,4% riferito al peso degli aggregati.

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

Il Produttore deve fornire evidenza dell'idoneità all'impiego, per gli usi specifici, degli additivi utilizzati.

#### 4) Miscela

Il conglomerato bituminoso con polverino di gomma tipo "dry Italia" deve essere qualificato in conformità al Regolamento UE n. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1. Il produttore deve determinare e dichiarare la composizione tipica della miscela impiegata. La miscela degli aggregati da adottarsi deve avere una composizione granulometrica contenuta in uno dei fusi riportati in Tabella A.6.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.6.

**Tabella A.6**

<b>TAPPETO DI USURA CON POLVERINO DI GOMMA "dry Italia"</b>			
<b>Composizione granulometrica</b>			
		<i>tipo AR 12</i>	<i>tipo AR 8</i>
Serie ISO	mm	% di passante	% di passante
Setaccio	16	100	
Setaccio	12	90 - 100	
Setaccio	10	67 - 85	
Setaccio	8	53 - 67	100
Setaccio	6,3		80 - 95
Setaccio	4	24 - 36	40 - 70
Setaccio	2	12 - 24	20 - 40
Setaccio	1		11 - 25
Setaccio	0,5	7 - 14	10 - 19
Setaccio	0,25	6 - 11	8 - 15
Setaccio	0,063	4 - 8	6 - 12
Contenuto di legante bituminoso (%)		7,0 - 8,5	7,0 - 8,5

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31).

Nella composizione tipica la miscela deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.7.

**Tabella A.7**

<b>METODO VOLUMETRICO</b>					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria</i>
Condizioni di prova					
Angolo esterno di rotazione				1.25° ± 0.02	
Velocità di rotazione			Rotazioni/min	30	
Pressione verticale			kPa	600	
Diametro del provino			mm	100	
Vuoti a 10 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	9 - 13	V10G <sub>min9</sub>
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	5 - 10	V <sub>min5,0</sub> - V <sub>max10</sub>
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 85	ITSR <sub>85</sub>
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 - 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 50	
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D <sub>G</sub>					
(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

I provini compattati con 50 rotazioni alle temperature di 160 °C, 140 °C e 120 °C non dovranno presentare variazioni della massa volumica superiori al 2%.

## B) ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il possesso dei requisiti previsti per la miscela viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore del conglomerato bituminoso. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Su richiesta della Direzione Lavori devono inoltre essere fornite le registrazioni delle prove effettuate per il controllo di produzione di fabbrica degli ultimi 3 mesi. Le frequenze di prova per il controllo di produzione di fabbrica devono essere quelle relative al livello di controllo Z.

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 ovvero presso il Laboratorio Prove Materiali della Provincia Autonoma di Bolzano. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13108-1 la qualifica prevede sia le prove iniziali di tipo ITT, che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato nelle UNI EN 13108, parti 20 e 21.

Resta salva la facoltà della Direzione Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal Produttore. I controlli di accettazione possono essere effettuati sulle miscele prelevate alla stesa, come pure sulle carote prelevate in sito.

Nella curva granulometrica sono ammesse le seguenti variazioni:

- trattenuto ai singoli setacci di aggregato grosso:  $\pm 5$  punti percentuali;
- trattenuto ai singoli setacci di aggregato fine:  $\pm 3$  punti percentuali;
- passante allo staccio 0,063 mm:  $\pm 1,5$  punti percentuali.

Per la percentuale di bitume è ammesso uno scostamento di  $\pm 0,3\%$ .

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

## C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

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

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

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del legante alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio del legante.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante, ma non deve mai essere inferiore ai 30 secondi.

L'introduzione nel miscelatore dei materiali componenti deve avvenire nel seguente ordine: aggregati caldi, bitume modificato, filler, polverino da PFU.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere inferiore ai 160°C.

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

## D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto con polverino di gomma, in qualsiasi condizione (su superfici fresate o di nuova costruzione), si deve provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale e preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio dello strato sottostante mediante l'applicazione di una mano d'attacco.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica, oppure con bitume modificato con polimeri steso a caldo. Il dosaggio di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato steso a caldo, deve essere di 0,75 kg/m<sup>2</sup>.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante motospazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo. L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di residuo di bitume modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.1.

**Tabella D.1**

<b>EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3</b>					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
<i>Residuo bituminoso (per evaporazione)</i>					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Frass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R <sub>E</sub>	%	≥ 75	4
Coessione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589	-	J/cm <sup>2</sup>	≥2.0	6
	UNI EN 13703				

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa o del bitume modificato per la mano d'attacco viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal Produttore. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

## E) POSA IN OPERA

La posa in opera del conglomerato bituminoso con polverino di gomma viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibro finitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace pre-compattazione non deve essere superiore a 4 m/min, con alimentazione continua del conglomerato. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

La stesa del tappeto di usura con polverino di gomma deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Per lo stesso motivo, se le vibrofinitrici devono essere fermate per più di 15 minuti o se esiste un intervallo di 15 minuti tra la fine dello scarico di un autocarro e l'inizio dello scarico del successivo, le vibrofinitrici devono essere allontanate dal manto per permettere la compattazione dell'area. Il conglomerato eventualmente

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

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti. Eccezionalmente si può riscaldare il bordo della striscia adiacente già stesa con il ristuocatore a raggi infrarossi montato sulla finitrice.

Il trasporto del conglomerato bituminoso deve essere eseguito con mezzi idonei e in numero sufficiente per alimentare il cantiere con regolarità e in continuo, in modo da evitare interruzioni delle operazioni di posa da parte delle macchine vibro finitrici. I mezzi di trasporto devono essere puliti, privi di qualsiasi materiale contaminante, dotati di idonei teloni di copertura, in modo da proteggere l'intera massa trasportata da perdite di calore, dalla pioggia e dall'azione del vento.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 120 °C.

La compattazione del conglomerato deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche di tipo e peso adeguati per assicurare la percentuale di vuoti richiesta, nonché la rifinitura dei giunti e delle riprese. Si deve inoltre avere cura che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso. La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Il tappeto con polverino di gomma viene steso sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## F) CONTROLLI

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

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella Tabella F.1.

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

Le prove saranno eseguite dal Laboratorio della Provincia Autonoma di Bolzano o da altro Laboratorio indicato dal Committente.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità.

Sulla miscela sfusa vengono determinate la percentuale di legante bituminoso e la granulometria degli aggregati. Inoltre, sui provini compattati con la pressa giratoria sono determinati la massa volumica di riferimento  $D_G$  (UNI EN 12697-9), la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 - 12) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

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

Sulle carote vengono determinati: la percentuale di bitume, il contenuto di polimero SBS sul bitume estratto, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura non carbonatica nella frazione grossa (UNI EN 932-3), la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui, l'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461) e la resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23).

In situ vengono misurate la **macrotessitura** e l'**aderenza**.

Lo **spessore** dello strato viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-36. Lo spessore di una carota è individuato dalla media di quattro misure rilevate in corrispondenza di due diametri ortogonali tra di loro, tracciati in modo casuale. Lo spessore di un tratto omogeneo di stesa, viene determinato facendo la media degli spessori delle carote estratte dalla pavimentazione, assumendo per i valori con spessore in eccesso di oltre il 5%, rispetto a quello di progetto, valori corrispondenti allo spessore di progetto moltiplicato per 1,05. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura con polverino di gomma “dry Italia” pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = s + 0,2 s^2$$

dove  $s$  è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto valutata con

$$s = 100 \cdot \frac{\left[ S_{\text{progetto}} - S_{\text{misurato}} \times \left( \frac{\gamma_{\text{carota}}}{0,98 \times \gamma_{\text{miscela}}} \right) \right]}{S_{\text{progetto}}}$$

$\gamma_{\text{miscela}}$  è quello riportato nello studio della miscela ( $D_G$  della tabella A.7); in assenza dello studio della miscela si farà riferimento alla massa volumica dei provini confezionati con la pressa giratoria con il conglomerato prelevato al momento della stesa.

Nei casi in cui risulti  $s > 15$

si procederà alla rimozione dello strato e alla successiva ricostruzione a spese dell’Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell’infrastruttura.

Il **contenuto di legante** viene determinato in conformità alla UNI EN 12697-1. Per carenze nella quantità di legante riscontrata viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto con polverino di gomma “dry Italia” pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 25 b^2$$

dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di legante (arrotondata allo 0,1%) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,3%; in assenza dello studio della miscela si farà riferimento al valore medio dell’intervallo indicato nella tabella A.5 (ultima riga)

Il contenuto di **polimeri SBS** viene determinato sul legante estratto dalle carote mediante la prova FT-IR (Fourier Transform Infra-Red). Il contenuto minimo di polimeri SBS risultante dalla prova FT-IR deve essere del 3,2%.

Il contenuto di **aggregati grossi** con resistenza alla frammentazione  $LA \leq 20$  ed alla levigabilità  $PSV \geq 44$ , viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per l’eventuale presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione  $LA > 20$  ed alla levigabilità  $PSV < 44$ , viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 nc^2$$

dove  $nc$  è la percentuale in peso degli aggregati grossi di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione  $LA > 20$  ed alla levigabilità  $PSV < 44$ , trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm, rispetto al peso totale degli aggregati, anche quelli passanti al setaccio ISO 4.0 mm compreso il filler.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta l’accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all’acqua** viene determinata sulla miscela sfusa in conformità alla Norma UNI EN 12697 – 12. Per valori della resistenza a Trazione Indiretta, dopo il trattamento in acqua, inferiori al 85% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura con polverino di gomma “dry Italia” pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 0,5 sa + (0,1 sa)^2$$

dove  $sa$  è la differenza tra 85 e il rapporto percentuale tra la resistenza a Trazione Indiretta dei provini sottoposti al trattamento in acqua e quella ottenuta su provini asciutti.

I **vuoti residui** vengono determinati sulle carote secondo la UNI EN 12697-8. Per valori dei vuoti superiori al 10% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 2v + 2v^2$$

dove  $v$  è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 10%.

Valori dei vuoti superiori al 15% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del tappeto di usura con polverino di gomma "*dry Italia*" allo strato sottostante, viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = t + 0,2 t^2$$

dove  $t$  è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo (rete, geomembrana, ecc.) il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 12 kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata sulle carote secondo la UNI EN 12697-23, deve risultare compresa tra 0,75 e 1,50 MPa.

La **macrotessitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norme UNI EN 13036-1.

Per valori di HS inferiori a 0,4 mm viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = (10H/0,4)^2 \times 10$$

dove H: è la media degli scostamenti dei valori misurati rispetto al valore minimo di 0,4 mm.

Valori di HS inferiori a 0,30 mm comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per l'eccesso nella quantità di bitume, per la rigidità Marshall fuori dai limiti prescritti, per percentuali di vuoti residui, sia sulla miscela sfusa che sulle carote, inferiori al valore minimo la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

Nel periodo compreso tra 6 e 12 mesi dall'ultimazione della stesa verrà inoltre misurata l'**aderenza** (resistenza allo slittamento PTV) con l'apparecchio Pendulum Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 60 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori del PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 50 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

**Tabella F.1**

<b>CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE</b>				
<b>STRATO</b>	<b>TIPO DI CAMPIONE</b>	<b>UBICAZIONE PRELIEVO</b>	<b>FREQUENZA PROVE</b>	<b>REQUISITI DA CONTROLLARE</b>
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.1
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.2
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.3
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.4
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% bitume, % di polimeri SBS, granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % vuoti, ancoraggio, trazione indiretta.
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Tappeto di usura con polverino di gomma "dry Italia"	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia stesa	PTV ≥ 60