

## Articolo 17 TAPPETO DI USURA CON BITUME MODIFICATO

Il tappeto di usura con bitume modificato è un conglomerato bituminoso a caldo, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei naturali, bitume modificato con polimeri, additivi ed eventuale conglomerato di recupero (fresato).

Le miscele impiegate devono essere qualificate 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.

### A) MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

#### 1) Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. 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	%	≤25	LA <sub>25</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>50</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	-	≥40	PSV <sub>40</sub>

La miscela finale degli aggregati deve contenere una frazione grossa (trattenuta al setaccio ISO 4.0 mm) pari almeno al 35% del totale (compresi sabbia e filler) di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione LA ≤ 20 ed alla levigabilità PSV ≥ 44. La Direzione Lavori può prendere in considerazione l'eventuale proposta dell'Impresa di impiegare aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione LA > 20, purché la resistenza alla levigabilità sia PSV ≥ 48.

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<sub>max</sub>=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

**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 per la maggior parte 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 del filler deve essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043.

Il filler per tappeto di usura deve 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 del Direttore 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 richiedere 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.

## 2) Conglomerato bituminoso di recupero

Per conglomerato bituminoso di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla rimozione eseguita a freddo con apposite macchine fresatrici (da cui il nome di fresato).

Per l'utilizzo nel tappeto di usura il conglomerato di recupero deve provenire, preferibilmente, dalla fresatura di strati di usura e deve comunque contenere aggregato grosso e aggregato fine conformi alle caratteristiche previste per gli aggregati lapidei di primo impiego riportate nelle tabelle A.1 e A.2. Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (granuli di aggregato troppo grossi, grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al D<sub>max</sub> previsto per la miscela e deve essere qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Nei conglomerati bituminosi per strati di usura con bitume modificato la percentuale in peso di materiale riciclato, riferita al totale della miscela degli aggregati, non deve essere maggiore di 15.

L'Impresa può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una maggiore quantità di fresato a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal conglomerato bituminoso di recupero.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

### 3) Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato con polimeri. Il bitume modificato è un bitume semisolido contenente polimeri elastomerici e plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche.

Il bitume modificato con polimeri 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**

<b>BITUME MODIFICATO PmB 45-80/70</b>					
<i>Requisito</i>	<i>Norma</i>	<i>Simbolo</i>	<i>unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 70	4
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 15	7
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
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>	UNI EN12607-1				
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.

### 4) Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti al legante bituminoso o direttamente immessi nel processo di produzione (mescolatore), 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 rigenerazione del bitume invecchiato contenuto nel fresato, il rinforzo strutturale.

Nei tappeti di usura, per 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, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

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

Il dosaggio degli additivi deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7).

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

L'**impiego del conglomerato di recupero** (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto 2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidità del conglomerato bituminoso, causata dallo scioglimento del bitume vecchio, che in parte più o meno rilevante viene inglobata nel nuovo mastice filler – bitume.

Allo scopo di riequilibrare la viscosità del mastice devono essere impiegati additivi che possono avere natura e caratteristiche diverse (flussanti, rigeneranti, ecc.). Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere determinato in laboratorio valutando le caratteristiche meccaniche (Resistenza a Trazione Indiretta e Modulo di Rigidezza) e le caratteristiche volumetriche della miscela. I criteri di scelta dell'attivo, la scheda tecnica del prodotto, l'incidenza del dosaggio sulle caratteristiche meccaniche e volumetriche del conglomerato bituminoso devono essere obbligatoriamente contenuti nello studio della miscela.

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.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo, possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati (specifici per il riciclaggio di conglomerato di recupero) dai Produttori di bitume modificato o da Fornitori di bitume.

## 5) Miscele

Il conglomerato bituminoso prodotto a caldo 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 individuare e dichiarare la composizione tipica (*target composition*) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura deve avere una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5.

La percentuale di legante, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5		
TAPPETO AC 12 - COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16.0	100
Setaccio	12.0	90 – 100
Setaccio	8.0	72 – 84
Setaccio	4	44 – 55
Setaccio	2	26 – 36
Setaccio	0.5	14 – 20
	0.25	10 – 15
Setaccio	0.063	6 - 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2

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). In alternativa, quando non è possibile utilizzare il metodo volumetrico, si può utilizzare il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34).

Nella composizione tipica, la miscela per lo strato di usura deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.6 (metodo volumetrico), oppure in Tabella A.7 (metodo Marshall).

Tabella A.6					
METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
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 – 14	V10G <sub>min9</sub>
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	V <sub>min3,0</sub> – V <sub>max6</sub>
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR <sub>90</sub>
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,85 – 1,55	
Coefficiente di trazione indiretta <sup>1</sup> a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) 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					

<sup>1</sup> Coefficiente di trazione indiretta  $CTI = \pi/2 \cdot DRt/Dc$

dove D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino, Dc = deformazione a rottura, Rt = resistenza a trazione indiretta

**Tabella A.7**

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
<i>Costipamento 75 colpi x faccia</i>					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	$S_{min}$	kN	10	$S_{min10}$
Rigidità Marshall		$Q_{min}$	kN/mm	3 – 4,5	$Q_{min3}$
Vuoti residui (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	$V_{min3,0} - V_{max6}$
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR <sub>90</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	≥ 80	
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con $D_M$					

## 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 del Direttore 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.

## C) CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

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

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

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che degli additivi.

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.

Lo stoccaggio del fresato, granulato e vagliato per essere impiegato nel conglomerato bituminoso a caldo, deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del fresato nella produzione del conglomerato deve essere sospeso.

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

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 160° C e 170° C.

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.

## D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante mediante la pulizia e 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, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

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. Il dosaggio della mano d'attacco e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 0,30 kg/m<sup>2</sup> nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m<sup>2</sup> nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m<sup>2</sup> nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

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 (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R <sub>E</sub>	%	≥ 75	4
Coesione 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 di bitume modificato con polimeri 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.

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

Il piano di posa, prima di procedere alla stesa della mano d'attacco, deve risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale.

## E) POSA IN OPERA

La posa in opera del tappeto di usura 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 ai 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.

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

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spruzzato con la stessa emulsione bituminosa impiegata per la mano d'attacco, in modo da assicurare la saldatura della striscia successiva.

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 deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino sfalsati di almeno 20 cm rispetto a quelli dello strato sottostante e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il trasporto del conglomerato bituminoso 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 vibrofinitrici. Sono da usare, in via preferenziale, mezzi dotati di cassone coibentato, in particolare quando sono previsti tempi di trasporto più lunghi.

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 150° C.

La stesa del tappeto di usura deve essere sospesa quando la temperatura del piano di posa è inferiore a 10 °C<sup>2</sup> e quando le condizioni meteorologiche generali (pioggia, neve, ecc.) possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione del tappeto di usura deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 120 kN.

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

La superficie dello strato finito 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.

La miscela bituminosa del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

## 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.

<sup>2</sup> Nei casi in cui si dovesse necessariamente procedere alla stesa del tappeto di usura (ultimazione di lavori urgenti, necessità di riaprire una strada, ecc.) con temperature inferiori ai 10 °C, si raccomanda fermamente di utilizzare bitume modificato ad alta lavorabilità (vedere Art. 19 delle Direttive tecniche)

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 bitume 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 resistenza alla trazione indiretta ITS (UNI EN 12697-23) e la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà 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 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.6 ovvero  $D_M$  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 bitume viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

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

dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume riscontrata (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% a prescindere dal contenuto di conglomerato bituminoso di recupero impiegato nella produzione della miscela.

Il contenuto di **aggregati grossi** di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione  $LA \leq 20$  ed alla levigabilità  $PSV \geq 44$  viene determinato in conformità alla UNI EN 932-3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura non carbonatica inferiore a quella prevista (35% in peso del totale degli aggregati) 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 differenza tra 35 e la percentuale in peso degli aggregati di natura non carbonatica con resistenza alla frammentazione  $LA \leq 20$  ed alla levigabilità  $PSV \geq 44$ , 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 gli altri aggregati grossi aventi caratteristiche 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 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

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

dove **sa** è la differenza tra 90 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 6% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura 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 6%. Per i tratti stradali con pendenza superiore al 6% il valore limite (accettabile senza detrazione) per la percentuale dei vuoti residui (sulle carote) è innalzato al 7%.

Valori dei vuoti superiori al 10% 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 allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto 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 viene applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori di PTV (Pendulum Test Value) inferiori a 45 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>
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 10.000 m <sup>2</sup> di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua.
Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Usura	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.
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	PTV ≥ 60