

Articolo 27

CONGLOMERATO BITUMINOSO POROSO INTASATO CON MALTA CEMENTIZIA (GROUTED MACADAM) PER PAVIMENTAZIONI SEMIFLESSIBILI

Le pavimentazioni semiflessibili sono costituite da conglomerato poroso con bitume modificato intasato con malta cementizia (grouted macadam). Il conglomerato poroso è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei naturali, bitume modificato con polimeri e additivi. Le particolari caratteristiche granulometriche (e litologiche) degli aggregati impiegati unitamente al legante modificato con polimeri formano la struttura portante della pavimentazione. Il conglomerato bituminoso poroso viene intasato con un'apposita malta fluida ad alte prestazioni che consente a questo tipo di pavimentazione di fornire prestazioni di assoluto livello in termini di durabilità, stabilità e resistenza alle deformazioni, rugosità superficiale e resistenza all'ormaiamento.

Le miscele bituminose 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 13108-7. La malta di intasamento deve essere qualificata dal Produttore tramite una certificazione attestante i requisiti richiesti.

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.

Tabella A.1					
AGGREGATO GROSSO					
<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 ₂₀
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{100.0}
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI ₂₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA ₂₄	%	≤1,5	WA _{24.2}
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV ₄₄

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 ($D_{max}=4mm$).

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 ₁₀ (*)

(*) 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_F25).

Il filler, frazione per la maggior parte passante al setaccio 0,063mm, 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 il conglomerato bituminoso poroso 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	UNICEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	v	%	30-45	V _{28/45}
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	Δ _{R&B}	%	≥5	Δ _{R&B} 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 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) 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

BITUME MODIFICATO PmB 45-80/70					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
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, $\gamma = 10s$	UNI EN 13702-1	-	Pa·s	$> 4 \cdot 10^{-1}$	
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R _E	%	≥ 75	2
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	< 3	2
Valori dopo RTFOT	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.

3) 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.

Nel conglomerato poroso per pavimentazioni semiflessibili, 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, 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.

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

Le **fibre** nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler + bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

Le fibre minerali stabilizzanti possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc.

I criteri di scelta delle fibre, 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.

4) Miscela bituminosa

Il conglomerato bituminoso poroso 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 indicare 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

CONGLOMERATO BITUMINOSO POROSO PA11 COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	16,0	100
Setaccio	11,2	90 - 100
Setaccio	8	6 - 26
Setaccio	5,6	5 - 20
Setaccio	4	5 - 17
Setaccio	2	5 - 12
Setaccio	1	4 - 11
Setaccio	0,5	3 - 11
Setaccio	0,25	2 - 9
Setaccio	0,063	2 - 7
Contenuto di legante (%)		3,8 - 4,5

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). 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 il conglomerato poroso 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	%	28 - 30	V10G _{min28}
Vuoti a 50 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	26 - 30	V _{min26} - V _{max30}
Vuoti a 130 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 24	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	>90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	> 0,4	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)		CTI	MPa	> 30	
(*) La densità ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G					
(**) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria					

Tabella A.7

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Costipamento 25 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	S _{min}	kN	>5	S _{min5}
Rigidità Marshall		Q _{min}	kN/mm	> 2,0	Q _{min2}
Vuoti residui (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	26 - 30	V _{min26}
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	>90	ITSR ₉₀
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	> 0,4	
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25 °C		CTI	MPa	> 30	
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M					

²Coefficiente di trazione indiretta $CTI = \pi/2 DRT/Dc$

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

5) Malta di intasamento

La malta da impiegare per l'intasamento del conglomerato bituminoso poroso è una malta superfluida ad alte prestazioni, composta da malta secca premiscelata e da acqua di miscelazione.

La malta secca, costituita da cemento (legante), aggregati lapidei e additivi, deve avere una composizione granulometrica, determinata secondo la Norma UNI EN 933-10, conforme a quanto riportato in Tabella A.8

Tabella A.8

MALTA D 0,25 - COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di trattenuto
Setaccio	0.5	< 5%
Setaccio	0.25	<20%

L'acqua di impasto deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e qualsiasi altra sostanza nociva. In caso di dubbio la Direzione Lavori può chiedere la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

Il dosaggio dell'acqua, variabile in funzione delle modalità di miscelazione e della porosità del conglomerato bituminoso, deve essere adottato dall'Impresa sulla base di quanto indicato nella Scheda Tecnica fornita dal Produttore e comunque tale da ottenere la fluidità necessaria per raggiungere un grado di intasamento del conglomerato bituminoso non inferiore all'85%.

La malta, fresca e indurita, deve possedere i requisiti riportati in Tabella A.9.

Tabella A.9

MALTA FRESCA E INDURITA					
Requisito*	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Capacità di flusso	UNI EN 445 / RVS 08.16.03	T	sec	< 45	T ₀
Capacità di flusso a 30 min	UNI EN 445 / RVS 08.16.03	T	sec	> 55	T ₃₀
Massa volumica della malta fresca	UNI EN 12350-6 / RVS 08.16.03	F	kg/m ³	> 2000	F ₀
Massa volumica della malta fresca a 30 min	UNI EN 12350-6 / RVS 08.16.03	F	kg/m ³	> 2000	F ₃₀
Prova di spandimento	UNI EN 12706 / RVS 08.16.03	A	mm	>155	A ₀
Prova di spandimento a 30 min	UNI EN 12706 / RVS 08.16.03	A	mm	>150	A ₃₀
Ritiro	UNI EN 12617-4	R	% ₀	< 3	
Ritiro precoce 1 gg	UNI EN 12617-4	R	% ₀	< 1	R ₁
Resistenza a compressione a 24 h	UNI EN 1015-11		MPa	>15	
Resistenza a compressione a 28 gg	UNI EN 1015-11		MPa	> 45	
Resistenza a flessione a 24 h	UNI EN 1015-11		MPa	>3	
Resistenza a flessione a 28 gg	UNI EN 1015-11		MPa	>6	
Legame di aderenza	UNI EN 1542		MPa	≥1.5	
Legame di aderenza dopo cicli gelo – disgelo	UNI EN 13687-1		MPa	≥1.5	
Assorbimento capillare	UNI EN 13057		kg/m ² *h ^{0.5}	≤0.5	

(*) per quanto non specificato vedi le prescrizioni della RVS 08.16.03

B) ACCETTAZIONE DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

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.

C) CONFEZIONAMENTO DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

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.

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, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

D) PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DI STESA DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

Prima della stesa del conglomerato bituminoso poroso è necessario preparare il piano di posa 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 di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o di bitume modificato con polimeri steso a caldo, è di 1,0 – 1,2 kg/m².

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 con polimeri steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo dell'emulsione indicate nella stessa Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
<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 _E	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm ²	≥2.0	6

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 DEL CONGLOMERATO BITUMINOSO

La posa in opera del conglomerato bituminoso per pavimentazioni semiflessibili viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici, per consentire al banco di stesa di operare una efficace precompattazione 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 conglomerato bituminoso 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. Le parti eventualmente compromesse devono essere immediatamente rimosse e successivamente ricostruite a spese dell'Impresa.

La compattazione (statica) del conglomerato poroso 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 deve inoltre avere cura che la compattazione sia condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme allineamento degli inerti 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 porosa viene 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) ACCETTAZIONE DELLA MALTA DI INTASAMENTO

Il possesso dei requisiti richiesti per la malta di intasamento viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella scheda tecnica predisposta dal Produttore. L'Impresa è tenuta a consegnare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori, la certificazione di tali requisiti, rilasciata da meno di un anno, da uno dei Laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

G) POSA IN OPERA DELLA MALTA DI INTASAMENTO

La struttura portante della pavimentazione semi flessibile (tappeto drenante) non deve essere aperta al traffico prima della posa della malta, salvo i casi in cui è assolutamente necessario. I movimenti di sterzata sopra al conglomerato non intasato devono essere evitati, in modo particolare da parte di veicoli fermi.

L'intasamento con la malta superfluida può avvenire solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del tappeto drenante ai requisiti di quota, sagoma, massa volumica (vuoti residui) e portanza indicati in progetto. La verifica dei vuoti residui viene eseguita su due carote prelevate in singole tratte omogenee della pavimentazione. I fori del carotaggio devono essere riempiti con lo stesso conglomerato drenante utilizzato per la pavimentazione che deve essere adeguatamente compattato.

Al momento dell'intasamento la temperatura misurata all'interno del tappeto drenante deve essere compresa tra 5°C e 30°C. La temperatura deve essere misurata in almeno tre punti rappresentativi della superficie da trattare. In presenza di rischio di gelo o in caso di pioggia, l'intasamento va assolutamente rimandato.

La malta viene miscelata con acqua direttamente in cantiere secondo quanto indicato dal Produttore. La stesa della malta sul tappeto drenante viene eseguita partendo da un punto predefinito e non deve essere interrotta.

La malta va lasciata penetrare per gravità, fino a completa saturazione dei pori.

La malta in eccesso deve essere spalmata sulla superficie adiacente con l'utilizzo di spatole di gomma fino a quando non si osserva più alcun assorbimento. La malta in eccesso che resta in superficie deve essere rimossa tirandola via di netto con le spatole di gomma.

Eventuali bolle superficiali formatesi per risalita dell'aria possono essere intasate ripassando la superficie con piccole quantità di malta entro un'ora dall'applicazione.

Dopo l'intasamento, la superficie deve essere protetta secondo le indicazioni fornite dal Produttore della malta, mediante ricoprimento con teli PE da rimuovere non prima di 48 ore (24 ore in casi eccezionali), oppure mediante nebulizzazione d'acqua nell'area per 24÷48 ore, oppure tramite l'applicazione di prodotto antievaporante ad alta efficienza.

Sulla superficie finita non devono rimanere residui di malta e devono essere ben visibili in ogni punto le "punte" degli aggregati della struttura portante, in modo da ottenere una superficie macro-rugosa idonea a garantire buoni livelli di aderenza¹ anche in condizioni di pavimentazione bagnata.

¹ Per ottenere valori di aderenza elevati la pavimentazione può essere sottoposta a trattamento di irruvidimento superficiale, dopo un primo indurimento con macchina a spazzole, oppure dopo un maggiore periodo di indurimento (di almeno 48 ore) con pallinatrice o con bocciardatura leggera.

Il tempo di riapertura al traffico è indicato nella Scheda Tecnica della malta di intasamento, ma va tenuto comunque conto delle condizioni atmosferiche. In caso fosse necessario aprire al traffico anticipatamente o in caso di temperature troppo rigide, va eseguita una verifica dell'indurimento su provini di malta confezionati al momento della stesa e fatti maturare in cantiere nelle stesse condizioni della pavimentazione. L'apertura al traffico può avvenire solo se la resistenza a compressione non è inferiore a quella indicata dal Produttore per lo stesso periodo di maturazione. In assenza di tale valore di riferimento la resistenza minima a compressione per l'apertura al traffico è di 20 MPa.

H) 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 G.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 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 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 preleva delle carote per la verifica degli spessori, il controllo del grado di intasamento (quantità di malta inserita nei pori) e dell'adesione tra gli strati mediante il Leutner Shear Test (SN 670461).

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.

Spessore in eccesso di oltre il 15% rispetto a quello di progetto non viene riconosciuto e l'impresa è tenuta ad assumersi tutti gli oneri derivanti dall'intasamento con la malta dello spessore in eccesso.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

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

dove s è la mancanza di spessore, in percentuale rispetto al valore di progetto.

Nei casi in cui risulti $s > 15$ si procederà alla rimozione dello strato semirigido e alla successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il contenuto di legante viene determinato sulla miscela bituminosa sfusa 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 poroso (grouted macadam) 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%.

Il contenuto di aggregati con resistenza alla frammentazione $LA \leq 20$ ed alla levigabilità $PSV \geq 45$, 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 $PSV < 45$, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

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

dove **nc** è la percentuale in peso degli aggregati di natura carbonatica o di altri aggregati con resistenza alla frammentazione $LA > 20$ ed alla levigabilità $PSV < 45$, 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 90% del valore ottenuto su provini asciutti, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

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

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 secondo la Norma UNI EN 12697-8 sulle carote prelevate prima dell'intasamento con la malta.

Valori dei vuoti residui inferiori al 24% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura. Per valori dei vuoti superiori al 30% tutti gli oneri derivanti dall'intasamento con la malta dei vuoti in esubero restano a carico dell'Impresa.

Il **grado di intasamento** viene determinato per singole aree omogenee facendo il rapporto tra il volume medio della malta contenuta in due carote estratte dalla pavimentazione (a distanza di circa 50 cm una dall'altra) ed il volume medio dei vuoti (UNI EN 12697-8) di due carote prelevate nella stessa zona (a distanza di circa 50 cm una dall'altra) prima dell'intasamento con la malta. Qualora non si disponga delle due carote da prelevare prima dell'intasamento si può fare riferimento al volume dei vuoti determinato su due provini di miscela sfusa compattati con 50 giri di pressa giratoria oppure con costipatore Marshall (25 colpi per faccia). Il grado di intasamento così determinato non deve essere inferiore all'85%.

Per valori del grado di intasamento inferiori a 85% viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco tappeto poroso (grouted macadam) pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = \text{gi} + 0,2 (\text{gi}/2)^2$$

dove **gi** è il valore dello scostamento del grado di intasamento riscontrato dal valore prescritto di 85%.

Valori del grado di intasamento inferiori al 75% 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 poroso 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:

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

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 12kN.

La **Resistenza a Trazione Indiretta**, determinata su quattro provini di miscela sfusa compattati con 50 giri di pressa giratoria, deve risultare non inferiore a 0,40 MPa.

La **macrotestitura** viene determinata in sito con il metodo dell'altezza di sabbia (con sfere di vetro) secondo le Norma 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 poroso (grouted macadam) 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 un trattamento di irruvidimento con macchina pallinatrice oppure un intervento di bocciardatura leggera a cura e spese dell'Impresa.

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 slittamento PTV) della pavimentazione semirigida 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 H.1

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Grouted macadam	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.1
Grouted macadam	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.2
Grouted macadam	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.3
Grouted macadam	Bitume	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m ³ di stesa	Riferimento Tabella A.4
Grouted macadam	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 1.000 m ² di stesa	Granulometria degli aggregati, presenza di aggregati grossi di natura carbonatica, % bitume, % di polimeri SBS, % vuoti, trazione indiretta.
Grouted macadam	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 200 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Grouted macadam	Carote	Pavimentazione	Ogni 1000 m di fascia di stesa	% vuoti Grado di intasamento, prova di taglio Leutner.
Grouted macadam	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	HS ≥ 0,40
Grouted macadam	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	PTV ≥ 60