

## CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO ASPHALT RUBBER (metodo wet) – OPEN GRADED

### 1. GENERALITA' E DEFINIZIONI

I conglomerati bituminosi tipo Asphalt Rubber sono miscele di *nuova generazione* costituite da aggregati lapidei di primo impiego e da bitume modificato con polverino di gomma riciclata mediante metodologia wet, denominato Asphalt Rubber (AR) da cui il conglomerato prende nome. Il conglomerato bituminoso tipo AR “*open graded*” è un conglomerato poroso semi-aperto dotato di elevata rugosità superficiale, drenante e fonoassorbente, in grado di fornire una buona aderenza anche in caso di pioggia e di abbattere il rumore di rotolamento.

### 2. QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

#### (a) AGGREGATI

La fase solida dei conglomerati tipo AR è costituita da aggregati lapidei di primo impiego costituiti da elementi, sani, duri, di forma poliedrica, esenti da polveri e materiali estranei. I granuli non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare. La miscela degli inerti è costituita dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler, che può provenire dalla frazione fina o essere aggiunto.

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

#### Aggregato grosso

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base abbinati agli stacci del gruppo 2 della UNI EN 13043.

Tali elementi potranno essere di provenienza e natura petrografica diversa purché risultino soddisfatti i requisiti indicati nella tabella 1.

**Tabella 1. Requisiti dell'aggregato grosso**

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	.	≤ 20	LA <sub>20</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	.	100	C <sub>100/0</sub>
Dimensione Max	UNI EN 933-1	mm	12	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤ 1	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1	F <sub>1</sub>
Affinità aggregato-legante (*)	CNR 138/92	-	0	-
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 20	FL <sub>20</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	%	≤ 1,5	WA <sub>242</sub>
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	%	≥ 45	PSV <sub>45</sub>

(\*) La determinazione dell'affinità aggregato-legante dovrà essere valutata con un dei metodi previsti dalla norma UNI EN 12697-11 non appena saranno pubblicati gli annessi nazionali recanti i requisiti attribuiti alle eventuali classi di prestazione.

**Aggregato fine**

La designazione dell'aggregato fine dovrà 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  $D = 4$  mm. Esso deve essere costituito esclusivamente da sabbie ricavate per frantumazione di rocce e da elementi litoidi di fiume e deve possedere le caratteristiche riassunte nella tabella 2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali aventi valore di levigabilità  $PSV \leq 45$ , il trattenuto al setaccio 2 mm non deve superare il 10%.

**Tabella 2. Requisiti dell'aggregato fine**

<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	.	$\geq 80$	-
Quantità di frantumato	CNR 109/85	.	100	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	.	$\leq 10$	$f_{10}$

Il **filler**, frazione per la maggior parte passante allo staccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fine degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso, la granulometria del filler dovrà essere conforme a quella prevista dalla norma UNI EN 13043 e deve soddisfare i requisiti indicati in tabella 3.

**Tabella 3. Requisiti del filler**

<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Categoria UNI EN 13043</i>
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	.	N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	.	28-45	$V_{28/45}$
Stiffening Power-Rapporto filler/legante = 1,5	UNI EN 13179-1	°C	$\geq 8$	$\square_{R\&B}8/16$
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	.	$\geq 80$	-

Prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre, ai fini dell'accettazione, la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

**(b) LEGANTE ASPHALT RUBBER**

Il legante impiegato Asphalt Rubber per il confezionamento di miscele tipo Asphalt Rubber consiste in un bitume modificato con polverino di gomma riciclata di pneumatico, incorporata nel bitume tramite processo "wet". L'aggiunta a caldo del polverino di gomma, in ragione del 15÷22% riferito al peso totale del legante (bitume + polverino di gomma), modifica la struttura chimica e le caratteristiche fisico-meccaniche del bitume base.

**Bitume base**

Il bitume base deve appartenere alla classe 50/70 definita dalla norma UNI EN 12591 e possedere un punto di rammollimento  $\geq 50^\circ\text{C}$ .

**Polverino di gomma**

Il polverino di gomma deve essere ottenuto dal riciclaggio di pneumatici di automobili o autocarri e deve possedere le seguenti caratteristiche:

1. gomma di pneumatico, 100% vulcanizzata;
2. assenza di fibra, tessuto, metallo o di qualsiasi altro materiale contaminante;
3. dopo la triturazione deve presentarsi come una polvere, non incollata, di materiale granulare con un peso specifico di  $1,15 \pm 0,05 \text{ g/cm}^3$ ;
4. quantità di polvere minerale, carbonato di calcio o talco (utilizzato per impedire l'aderenza delle particelle), non superiore al 4% del peso della gomma;
5. 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 deve rispettare i requisiti indicati nella tabella 4.

**Tabella 4. Requisiti di granulometria per il polverino di gomma**

<i>Serie stacci ISO 525 (mm)</i>		<i>% Passante ASTM D 5644</i>
Staccio	1,180	100
Staccio	0,850	95-100
Staccio	0,600	85-100
Staccio	0,425	45-70
Staccio	0,250	5-25
Staccio	0,075	0-5

**Tabella 5. Requisiti del bitume modificato con polverino di gomma**

<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	25-55
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55
Resilienza a 25 °C	ASTM D 3407	%	≥ 20
Viscosità dinamica a 175°C, (20 giri/min)	UNI EN 13302	mPa·s	1500-5000
<b><i>Valori dopo RTFOT<sup>(*)</sup></i></b>			
Volatilità	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 40
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 12
(*) Rolling Thin Film Oven Test (UNI EN12607-1)			

### Asphalt Rubber

Le proprietà richieste per il legante AR ed i relativi metodi di prova sono riportati nella tabella 5. La verifica delle prestazioni del legante AR deve essere eseguita non prima di 45 minuti dalla sua produzione.

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata dal produttore o da un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e che faccia parte dell'albo dei Laboratori Ufficiali presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture.

### **(c) ADDITIVI E FIBRE**

È escluso l'utilizzo di qualsiasi tipologia di fibre e/o additivi.

## **3. MISCELA**

### **(a) COMPOSIZIONE DELLA MISCELA**

La miscela di aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi tipo AR open graded deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nella tabella 6.

La percentuale di legante, riferita al peso totale della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella 6.

Il fuso suggerito deve essere impiegato adottando spessori di progetto compresi tra 20 e 40 mm.

**Tabella 6. Requisiti granulometrici della miscela**

<i>Serie stacci UNI EN 933-2 UNI EN 13043 (mm)</i>		<i>% Passante UNI EN 933-1</i>
Staccio	12,5	100
Staccio	10	90-100
Staccio	8	70-88
Staccio	4	20-35
Staccio	2	6-10
Staccio	0,5	3-7
Staccio	0,063	2-4
% di legante in peso		8,5 – 9,5

**Tabella 7. Requisiti della miscela studiata con metodo Marshall**

<b>METODO MARSHALL</b>			
<i>Condizioni di prova</i>	<i>Metodo di prova</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>
Costipamento	UNI EN 12697-34	Colpi x faccia	75
<i>Risultati richiesti</i>			
Stabilità Marshall	UNI EN 12697-34	kN	> 6
Scorrimento Marshall	UNI EN 12697-34	mm	1,5 – 3,0
Rigidità Marshall	UNI EN 12697-34	kN/mm	> 3,0
Vuoti residui	UNI EN 12697-8	%	9 – 15
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	CNR n. 149/92	%	<25

La quantità di legante di effettivo impiego deve essere determinata mediante uno studio della miscela tipo AR open graded eseguito esclusivamente con metodo Marshall (UNI EN 12697-34) sulla base delle caratteristiche riportate nella tabella 7.

#### **(b) ACCETTAZIONE DELLA MISCELA**

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa.

Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono. Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

La D.L., in contraddittorio con l'Impresa, in ogni momento e a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, potrà effettuare prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera. L'esito positivo dei suddetti controlli e verifiche non elimina le responsabilità dell'Impresa sull'ottenimento dei risultati finali del prodotto in opera che sono espressamente richiamati in questo articolo.

#### **(c) TOLLERANZE SUI RISULTATI**

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di  $\pm 3$  punti percentuali, del contenuto di aggregato fine di  $\pm 2$  punti percentuali, del passante allo staccio 0,063 mm di  $\pm 1,5$  punti percentuali.

Per la percentuale di legante è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$ .

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 mani d'attacco o di impregnazioni.

### **4. ESECUZIONE DEI LAVORI**

#### **(a) CONFEZIONAMENTO DELLA MISCELA**

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.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190°C e quella del legante modificato tra 160°C e 190°.

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

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

### **(b) PREPARAZIONE DELLA SUPERFICIE DI STESA**

Prima di iniziare la stesa della miscela AR open graded va verificata l'efficienza delle opere per il deflusso delle acque. Se non sono rispettate le pendenze trasversali del piano di posa (sempre > 2,5%), questo deve essere risagomato; inoltre, devono essere verificate le condizioni di regolarità longitudinale e la presenza di ormaie, per valutare la necessità di eseguire un intervento preliminare di regolarizzazione del piano di posa dello strato di usura. Questi sono necessari qualora l'IRI sia maggiore di 1,8 mm/m e di 2,0 mm/m, rispettivamente per intervento su tutta o su parte della carreggiata, e le ormaie abbiano profondità maggiore di 10 mm.

Eventuali interventi preliminari di risanamento profondo o di rinforzo della pavimentazione esistente, necessari a garantire la vita utile richiesta, devono essere previsti in fase di progettazione.

È poi necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale.

Successivamente, in base alle caratteristiche del piano di posa, si deve procedere nei modi di seguito descritti:

- qualora il conglomerato bituminoso tipo AR open graded debba essere posizionato su di una vecchia pavimentazione fresata, in buone condizioni, senza fessurazioni, deve essere stesa come impermeabilizzazione per la struttura sottostante, una membrana sottile realizzata con bitumi modificati spruzzati a caldo (temperatura > 180°C) in ragione di  $1,20 \pm 0,2 \text{ kg/m}^2$ , mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche riportate in tabella 8. In alternativa può essere utilizzato bitume modificato AR nella stessa quantità per unità di superficie e avente le caratteristiche riportate in tabella 5. Per evitare il danneggiamento della membrana che potrebbe essere causato dall'adesione dei mezzi di cantiere alla stessa, a discrezione della Direzione Lavori, si dovrà provvedere allo spandimento, con apposito mezzo, di graniglia prebitumata avente pezzatura 4/8 mm, in quantità di circa 6-8 l/m<sup>2</sup>. Allo stesso scopo potrà essere utilizzata sabbia o calce idrata;



## Asphalt Rubber Italia

- nel caso in cui il conglomerato bituminoso AR open graded debba essere realizzato su di una vecchia pavimentazione fresata ma fessurata, si deve provvedere alla posa in opera una **membrana rinforzata SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer)**. Essa permette di garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente, di impermeabilizzare la struttura esistente, di prevenire la risalita di eventuali fessure dagli strati sottostanti e distribuire uniformemente le tensioni dovute al passaggio dei veicoli. La posa in opera della SAMI deve essere preceduta dalla pulizia della superficie stradale allo scopo di eliminare polveri ed eventuali detriti dal piano viabile. Per realizzare la SAMI si deve procedere allo spargimento di bitume Rubbit a caldo (temperatura > 180 °C) in ragione di  $2,2 \pm 0,2 \text{ kg/m}^2$ , mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Successivamente si deve provvedere alla stesa immediata della graniglia, avente pezzatura di 8-12 mm, data uniformemente a mezzo di apposito spandigraniglia in quantità di circa  $20 \text{ l/m}^2$ . Quest'ultima operazione deve essere seguita dal passaggio di rullo gommato e successivamente della motospazzatrice per l'asporto della graniglia non bene ancorata alla membrana;
- nel caso in cui il conglomerato bituminoso AR open graded debba essere realizzato su di una pavimentazione in conglomerato bituminoso in buone condizioni, la mano d'attacco impermeabilizzante deve essere eseguita con la spruzzatura di una emulsione di bitume modificato effettuata mediante apposite macchine spanditrici automatiche in modo tale che il bitume residuo risulti pari a  $1,1 \pm 0,1 \text{ kg/m}^2$  oppure con bitume modificato o legante AR steso a caldo nella stessa quantità per unità di superficie. L'emulsione per mano d'attacco, il bitume modificato steso a caldo e il bitume modificato con polverino di gomma devono rispondere alle caratteristiche riportate, rispettivamente, nelle tabelle 9, 8 e 5. Successivamente verrà effettuata una granigliatura come descritto al primo punto.

**Tabella 8. Requisiti dei bitumi modificati con polimeri SBS**

<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valori richiesti</i>	<i>Classe UNI EN 14023</i>
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	45-80	4
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 65	5
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ -15	7
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	≥ 70	3
Viscosità dinamica a 160°C, $\square=10^{-1}$	UNI EN 13702-2	Pa·s	≥ 0,4	-
Stabilità allo stoccaggio	UNI EN 13399			
Differenza del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5	2
<b>Valori dopo RTFOT<sup>(*)</sup></b>				
Volatilità	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,8	4
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 60	7
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 8	2
(*) Rolling Thin Film Oven Test (UNI EN12607-1)				

**Tabella 9. Requisiti della emulsione bituminosa**

C 65 BP 3				
<i>Indicatore di qualità</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Requisito</i>	<i>Classe UNI EN 13808</i>
Polarità	UNI EN 1430	%	positiva	2
Contenuto di bitume	UNI EN 1431	%	□ 65	7
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	%	≤ 10	3
<i>Residuo bituminoso per evaporazione</i>	UNI EN 13074			
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 65	1
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	%	> 75	5

### (c) POSA IN OPERA DELLA MISCELA

La posa in opera del conglomerato bituminoso tipo AR open graded viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3-4 m/min con alimentazione continua del conglomerato. Lo spessore dello strato deve essere posato per la sua intera altezza con un'unica passata, limitando il più possibile le interruzioni della stesa ed evitando interventi manuali per la correzione delle anomalie. Per evitare un raffreddamento troppo rapido del conglomerato bituminoso va interdetta la stesa sia in caso di precipitazioni che a temperatura ambiente inferiore a 10°C. 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 camion e l'inizio dello scarico del camion 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.

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. 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 ristuccatore a raggi infrarossi montato sulla finitrice.

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

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

La superficie degli strati 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 AR open graded 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.

## **5. CONTROLLI**

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi AR e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in sito.

### **(a) CONTROLLO DELLE FORNITURE**

Oltre ai controlli iniziali, necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non si verifichino variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di laboratorio su campioni prelevati in contraddittorio con la D.L.

Il controllo della qualità degli aggregati di primo impiego deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del legante dovrà essere eseguito su campioni prelevati direttamente alla cisterna dell'impianto di produzione del conglomerato.

I requisiti da soddisfare sono riportati nella tabella 10.

**Tabella 10. Controllo delle forniture**

<i>Tipo di campione</i>	<i>Ubicazione prelievo</i>	<i>Requisiti richiesti</i>
Legante	Cisterna	Tabella 5
Aggregato grosso	Impianto	Tabella 1
Aggregato fine	Impianto	Tabella 2
Filler	Impianto	Tabella 3

### **(b) CONTROLLO DELLA MISCELA PRELEVATA AL MOMENTO DELLA STESA**

Il prelievo del conglomerato bituminoso sciolto avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il tipo di prelievi da eseguire è riportato in tabella 11. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un Laboratorio di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001 e che faccia parte dell'albo dei Laboratori Ufficiali presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture, i seguenti controlli:

- la percentuale di legante (UNI EN 12697 - 39);

– la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2).

Inoltre, mediante il metodo Marshall saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante compattatore ad impatto devono essere sottoposti a prova Marshall (UNI EN 12697-34).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al §3.

**Tabella 11. Controlli delle miscele prelevate al momento della stesa**

<i>Tipo di campione</i>	<i>Ubicazione prelievo</i>	<i>Requisiti richiesti</i>
Conglomerato sciolto	Vibrofinitrice	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

### **(c) CONTROLLI PRESTAZIONALI SULLO STRATO FINITO**

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il tipo di prelievo da eseguire è riportato nella tabella 12.

Sulle carote verranno determinati:

- lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);
- la massa volumica;
- la percentuale dei vuoti residui.

Lo spessore dello strato verrà determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Lo spessore medio dello strato deve essere non inferiore a quello previsto nel progetto.

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore di 2 punti percentuali rispetto a quella di progetto e non inferiore al limite previsto nella tabella 7 per un numero di colpi pari a 50 per faccia del compattatore ad impatto.

**Tabella 12. Controlli prestazionali sullo strato finito**

<i>Tipo di campione</i>	<i>Ubicazione prelievo</i>	<i>Requisiti richiesti</i>
Carote per spessori	Pavimentazione	Spessore previsto in progetto
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	$\leq$ % dei vuoti della miscela di progetto+2% $\geq$ limite di tabella 7 per 50 colpi per faccia

### **Caratteristiche superficiali**

Sulle pavimentazioni finite dovranno essere eseguite prove per il controllo dei valori di aderenza e macrotessitura superficiale dello strato di usura con le frequenze riportate in tabella 13.

Le misure di aderenza (resistenza ad attrito radente) eseguite con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4, dovranno fornire valori di PTV (Pendulum Test Value)  $\geq 55$ . Per valori di PTV inferiori verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. La tessitura superficiale, misurata mediante la tecnica volumetrica ad impronta (UNI EN 13036-1), deve fornire un valore MTD  $\geq 0,6$  mm.

**Tabella 13. Controllo delle caratteristiche superficiali**

<i>Tipo di campione</i>	<i>Ubicazione prelievo</i>	<i>Frequenza prove</i>	<i>Requisiti richiesti</i>
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	PTV $\geq$ 55
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	MTD $\geq$ 0,6 mm

In alternativa, per la misura dell'aderenza e della macrotessitura, potranno essere eseguite prove ad alto rendimento utilizzando una delle apparecchiature che hanno partecipato all'esperienza di armonizzazione dell'AIPCR (1992). Per il calcolo del parametro MTD da prove eseguite con profilometro laser, l'elaborazione dei dati deve essere eseguita secondo la procedura prevista nella UNI EN ISO 13473-1.

I valori di aderenza ottenuti con tali apparecchiature saranno ricondotti a valori di PTV utilizzando una specifica relazione determinata nel corso della sperimentazione del progetto Leopoldo. Le misure di aderenza e di macrotessitura dovranno essere effettuate in un periodo compreso tra il 60° e il 180° giorno dall'apertura al traffico. Le tratte da misurare, aventi lunghezze pari almeno a 200 m, potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia; in ogni caso, l'aderenza dovrà essere controllata per tutta l'estensione dell'intervento.

Per la valutazione delle caratteristiche di aderenza e tessitura superficiale si farà riferimento ai valori medi, ricavati dalle misure puntuali (passo 10 m) o dai valori già mediati ogni 50 m, relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 12 valori dell'indicatore, distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale"; i valori così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

Le tratte omogenee saranno individuate con una procedura statistica.

Le misure di aderenza e di tessitura dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m e i valori misurati potranno, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici.

In sito dovrà essere misurata la capacità drenante con il permeometro secondo la norma UNI EN 12697-40 e con la frequenza riportata in tabella 14. Il tempo di deflusso misurato deve essere  $\leq$  48 sec.

Dalla miscela prelevata all'atto della stesa saranno confezionati tre campioni con compattatore ad impatto, ad un numero di colpi pari a 50, su cui verranno controllate le caratteristiche di fonoassorbimento mediante tubo di impedenza secondo la procedura definita nella UNI EN ISO 10534-2. I valori dei coefficienti di fono-assorbimento devono essere quelli riportati in tabella 15 per almeno 5 delle 7 frequenze indicate.

**Tabella 14. Controllo della capacità drenante**

<i>Tipo di campione</i>	<i>Ubicazione prelievo</i>	<i>Frequenza prove</i>	<i>Requisiti richiesti</i>
Pavimentazione	Pavimentazione	Su dieci postazioni	Tempo di deflusso $\leq$ 50 sec

**Tabella 15. Controllo delle caratteristiche di fono-assorbimento**

<i>Frequenza (Hz)</i>	400	500	630	800	1000	1250	1600
<i>Coefficiente di fono-assorbimento</i>	$\alpha \geq 0,08$	$\alpha \geq 0,11$	$\alpha \geq 0,12$	$\alpha \geq 0,19$	$\alpha \geq 0,30$	$\alpha \geq 0,30$	$\alpha \geq 0,25$

### **Regolarità**

L'indice IRI (International Roughness Index), calcolato (come definito dalla World Bank nel 1986 - The International Road Roughness Experiment) a partire dal profilo longitudinale della pavimentazione, dovrà essere:

- inferiore a 1,8 mm/m nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata;
- inferiore a 2,0 mm/m nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata.

Le misure del profilo longitudinale interesseranno tutta l'estensione dell'intervento e dovranno essere eseguite in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, utilizzando un profilometro laser, e dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 cm.

I valori dell'indice IRI verranno calcolati con un "passo" di 100 m a partire dal profilo longitudinale misurato. Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale, nel caso di utilizzo dell'indice IRI, si farà riferimento ai valori medi, ricavati dai valori puntuali (passo 100 m), relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; i valori di IRI così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate. Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

### **Tolleranze sui risultati e penali**

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo.

Per percentuali dei vuoti maggiori di quelli previsti al §4 c) verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce pari al 2,5% dell'importo dello strato per ogni 0,5% di vuoti in eccesso fino ad un massimo del 4%; valori dei vuoti in eccesso superiori al 4% comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Qualora il valore medio di PTV o MTD, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, sia inferiore ai valori prescritti, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo per ciascun parametro di controllo non soddisfatto, (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità di seguito specificata.

I valori della soglia di non accettabilità sono :

PTV = 42

MTD = 0,3 mm

Qualora il valore medio di PTV o MTD, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m (misure di MTD con profilometro laser) sia inferiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere, a cura e spese dell'Impresa esecutrice, all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza ed alla stesa di un nuovo strato; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere, a cura e spese dell'Impresa, alla realizzazione di un nuovo strato al di sopra di quello esistente, previa stesa di una mano di attacco.

Per valori della capacità drenante e del coefficiente di fono-assorbimento minori dei limiti previsti nelle tabella 14 e tabella 15 verrà applicata una riduzione del 10% del prezzo comprensivo della mano d'attacco.

### **Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto**

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto, verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni millimetro di materiale mancante, mentre carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.



## **Asphalt Rubber Italia**

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, non soddisfi le condizioni richieste, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità pari al valore di 3,5 mm/m.

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, sia maggiore o uguale a tale valore, si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza e alla stesa di un nuovo strato; il nuovo strato sarà comunque soggetto alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo saranno cumulate.