CITTA' METROPOLITANA DI ROMA CAPITALE

DIPARTIMENTO VII - VIABILITA' ED INFRASTRUTTURE VIARIE

SERVIZIO 2 - VIABILITA' ZONA NORD

CIA: VN 18 0154 - MARCELLINA e altri - S.P. Marcellina - Lavori di sistemazione ponticello al Km 3+000 circa, S.P. Marano Sorgenti Km 0+300 rifacimento muro a secco.

Fase di progetto	**ESECUTIVO -** *Art.23, comma 8, D.Lgs 50/2016*
C.U.P.	**F97H18001440003**

ELABORATO N. **10**	**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO** **NORME TECNICHE**

Dipartimento VII Viabilità Nord Viale Giorgio Ribotta 41 00144 Roma Tel. 06/67664612 Fax. 06/67667714	Responsabile del Procedimento	Arch. Nohemy QUINTERO
	Progettista	Geom. Gemy SEPE
	Collaboratori alla progettazione	Geom. Gianfranco Cipolla Geom. Angelo D'Auria Geom. Carlo Maglioni Geom. Claudio Ippoliti
	Coordinatore Progettazione D.Lgs 81/2008	Arch. Nohemy QUINTERO

Commessa:	Data **01/08/2018**

Revisione	*Descrizione modifiche*	*Data*	*Redatto*	*Controllato*	*Approvato*

1. *SEGNALETICA STRADALE*

Tutti i segnali devono essere rispondenti ai tipi, dimensioni e misure prescritte dal Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada approvato con D.P.R. 16 Dicembre 1992 n.495 e successive modifiche di cui al D.P.R. n.610 del 16/9/96, alle Norme Tecniche emanate con D.M. 14/1/2008 ed in ogni caso alle norme in vigore al momento dell'esecuzione dei lavori.

Tutti i segnali circolari, triangolari, targhe, frecce, nonché i sostegni ed i relativi basamenti di fondazione dovranno essere costruiti e realizzati sotto la completa responsabilità della Ditta aggiudicataria, in modo tale da resistere alla forza esercitata dal vento alla velocità di almeno 150 Km/ora.

A tergo di ogni segnale dovranno essere indicati, a cura e spese del fornitore, una serie di iscrizioni che, globalmente, in conformità di quanto disposto al punto 7 dell'art.77 del D.P.R. N.495 del 16/12/1992, non dovranno occupare una superficie maggiore di cmq 200:

a) la scritta "Città Metropolitana di Roma Capitale"
b) il marchio della ditta che ha fabbricato il segnale
c) l'anno di fabbricazione
d) estremi relativi al rilascio della certificazione di conformità del prodotto finito ai sensi della circolare 3652 del 17.06.1998
e) gli estremi della Determinazione Dirigenziale di apposizione della Amministrazione , ove previsto.

1.1. Pellicole

Per quanto concerne le pellicole, si richiama integralmente quanto contenuto ne DM LLPP del 31 marzo 1995 n. 1584 "disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali

1.2. Supporti in lamiera

I segnali saranno costituiti in lamiera di ferro di prima scelta con spessore non inferiore a 10/10 di millimetro o in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99% dello spessore non inferiore a 25/10 di millimetro (per dischi, triangoli, frecce e targhe di superficie compresa entro i 5 metri quadrati) e dello spessore di 30/10 di millimetri per targhe superiori ai metri quadrati 5 di superficie.

1.3. Rinforzo perimetrale

Ogni segnale dovrà essere rinforzato lungo il suo perimetro da una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola delle dimensioni non inferiori a centimetri 1,5;

1.4. Traverse di rinforzo e di collegamento

Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di metri quadrati 1,50, i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento piegate ad U dello sviluppo di centimetri 15, saldate al cartello nella misura e della larghezza necessaria.

Dove necessario sono prescritte per i cartelli di grandi dimensioni traverse in ferro zincate ad U di collegamento tra i vari sostegni.

Tali traverse dovranno essere complete di staffe ed attacchi a morsetto per il collegamento, con bulloni in acciaio zincato nella quantità necessaria, le dimensioni della sezione della traversa saranno di millimetri 50x23, spessore di millimetri 5, e la lunghezza quella prescritta per i singoli cartelli.

La zincatura delle traverse dovrà essere conforme alle Norme C.E.I. 7 - fascicolo 239 (1968) sul Controllo della zincatura.

1.5. Congiunzioni diverse pannelli costituenti i cartelli di grandi dimensioni

Qualora i segnali siano costituiti da due o più' pannelli, congiunti, questi devono essere perfettamente accostati mediante angolari in alluminio da millimetri 20x20, spessore millimetri 3, opportunamente forati e muniti di un numero di bulloncini in acciaio zincato da 1/4 x 15 sufficienti ad ottenere un perfetto assestamento dei lembi dei pannelli.

1.6. Trattamento lamiere (preparazione del grezzo e verniciatura)

La lamiera di alluminio dovrà essere trattata, anche mediante carteggiatura, sgrassamento a f ondo e quindi sottoposta a procedimento di fosfocromatazione e ad analogo procedimento di pari affidabilità, su tutte le superfici.

Il grezzo dopo aver subito i suddetti processi di preparazione, dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti.

La cottura della vernice sarà eseguita a forno e dovrà raggiungere una temperatura di 140 gradi. Il resto e la scatolatura dei cartelli verrà rifinito in colore grigio neutro con speciale smalto sintetico.

1.7. Attacchi

Ad evitare forature tutti I segnali dovranno essere muniti di attacchi standard (per l'adattamento ai sostegni in ferro tubolare diam. mm. 48, 60, 90), ottenuto mediante fissaggio elettrico sul retro di corsoio a "C" della lunghezza minima dì 22 centimetri, oppure sarà ricavato (nel caso di cartelli rinforzati e composti di pannelli multipli) direttamente sulle traverse di rinforzo ad U.

Tali attacchi dovranno essere completati da opportune staffe con dispositivo antirotazione in acciaio zincato corredate di relativa bulloneria pure zincata.

1.8. Sostegni

I sostegni per i segnali verticali, portali esclusi, saranno in ferro tubolare antirotazìone (art.82 D.P.R. n.495/92) diametro mm. 60, 90 chiusi alla sommità e, previo decapaggio del grezzo, dovranno essere zincati a caldo conformemente alle norme U.N.I. 5101 e ASTM 123.

Detti sostegni comprese le staffe di ancoraggio del palo di basamento, dovranno pesarerispettivamente per i due diametri sopra citati non meno di 4,2 e 8,00 Kg/m,

Previo parere della Direzione dei Lavori, il diametro inferiore sarà utilizzato per i cartelli triangolari, circolari e quadrati di superficie inferiore a metri quadrati 0,8, mentre il diametro maggiore sarà utilizzato per i cartelli a maggiore superficie.

Il dimensionamento dei sostegni dei grandi cartelli e la loro eventuale controventatura dovrà essere approvato dalla Direzione dei Lavori previo studio e giustificazione tecnica redatta dalla Ditta appaltatrice.

1.9. Sostegni a portale

I sostegni a portale del tipo a bandiera, a farfalla e a cavalletto saranno realizzati in acciaio ad alta resistenza zincato a caldo con ritti a sezione variabile a perimetro costante, oppure con strutture a traliccio reticolare costituite da tubi saldati e scordonati zincati a caldo e verniciati con vernici alle resine epossidiche adatte a resistere alle condizioni di impiego per sede stradale, di dimensioni calcolate secondo l'impiego e la superficie di targhe da installare.

La traversa sarà costituita da tubolare a sezione rettangolare o quadra e collegata mediante piastra di idonea misura.

La struttura sarà calcolata per resistere alla spinta del vento di 150 km/ora.

I portali saranno ancorati al terreno mediante piastra di base fissata al ritto, da bloccare alla contro piastra in acciaio ad appositi tirafondi annegati nella fondazione in calcestruzzo.

L'altezza minima del piano viabile al bordo inferiore delle targhe sarà di cm. 550.

La bulloneria sarà in acciaio 8.8 con trattamenti Draconet 320.

1.10. Fondazioni e posa in opera

La posa della segnaletica verticale dovrà essere eseguita installando sostegni su apposito basamento delle dimensioni minime di cm. 50x50x70 di altezza in conglomerato cementizio dosato a quintali 2,5 di cemento tipo 325 per metro cubo di miscela intera granulometricamente corretta.

Il basamento dovrà essere opportunamente aumentato per i cartelli di maggiori dimensioni.

Le dimensioni maggiori saranno determinate dalla Ditta appaltatrice tenendo presente che sotto la sua responsabilità gli impianti dovranno resistere ad una velocità massima del vento diKm. 150/ora.

L'Impresa dovrà curare in modo particolare la sigillatura dei montanti nei rispettivi basamenti prendendo tutte le opportune precauzioni atte ad evitare collegamenti non rìgidi, non allineati e pali non perfettamente a piombo.

I segnali dovranno essere installati (art.81 D.P.R. n. 495/92) in modo da essere situati alla giusta distanza e posizione agli effetti della viabilità' e della regolarità' del traffico seguendo il progetto redatto approvato dalla Direzione dei Lavori.

Il giudizio sulla esattezza di tale posizione e' riservato in modo insindacabile alla Direzione dei Lavori e saranno ad esclusivo carico e spese della Società' cottimista ogni operazione relativa allo spostamento dei segnali giudicati non correttamente posati.

1.11. Occhi di gatto

Dispositivi retro riflettenti integrativi dei segnali orizzontali in policarbonato o speciali resine dotati di corpo e parte rifrangente dello stesso colore della segnaletica orizzontale di cui costituiscono rafforzamento.

Ai sensi dell'art. 153 del Regolamento d'esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada, approvato con D.P.R. 495 del 16.12.92 e successive modifiche ed integrazioni, i dispositivi retroriflettenti integrativi quali gli occhi di gatto devono essere approvati dal Ministero dei lavori Pubblici.

Copia di tale approvazione, unitamente agli altri certificati richiesti, dovrà essere presentata dall'Impresa aggiudicataria.

Dimensioni del corpo; come previste dal Regolamento art. 153.

Il suddetto dispositivo dovrà essere fissato al fondo stradale con idoneo adesivo secondo le prescrizioni della ditta produttrice.

Le caratteristiche tecniche dei dispositivi denominati "occhi di gatto" dovranno rispondere alla Norma Europea EN 1463-1 del 2009; in particolare;

a) per uso permanente EN 1463-1:2009

- classificazione: tipo 3A
- proprietà fotometriche: classe PRP1, i valori fotometrici non dovranno essere inferiori a quelli previsti nella tabella 4 (tipo 3) per il colore bianco e non inferiori a quelli previsti nella tabella 5 per i colorati;
- colore: classe NCR1, i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 9.

. b) per uso temporaneo (EN1463-1)

- classificazione: tipo 3A
- proprietà fotometriche: classe PRT1, i valori fotometrici non dovranno essere inferiori a quelli previsti nella tabella 6 (tipo 3) per il colore giallo e non inferiori a quelli previsti nella tabella 5 per gli altri colorati
- colore: a) colore dell'inserto rifrangente => classe NCR1 e i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 9 ; b) colore del corpo => classe DCR1 e i valori dovranno essere conformi a quelli previsti nella tabella 10.

I certificati riportanti le specifiche previste al presente articolo, qualora presentati in copia, dovranno essere identificati da parte della Ditta produttrice con una vidimazione rilasciata in originale alla Ditta concorrente sulla quale dovranno essere riportati gli estremi della Ditta stessa.

Tale vidimazione dovrà essere compiuta in data non anteriore a 30 giorni dalla data di scadenza di presentazione dell'offerta e recare un numero di individuazione.

1.12. Bande sonore

Le bande sonore di rallentamento dovranno essere costituite in laminato elastoplastico del tipo rifrangente ed antisdrucciolo, avere rilievo tale da causare giusta rumorosità, ed essere larghe cm. 8 con un supporto del medesimo materiale largo cm. 12.

Dovranno essere ancorate saldamente alla pavimentazione mediante apposito collante.

La ditta aggiudicataria dovrà presentare copia conforme del certificato di omologazione da parte del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti.

In base alle loro caratteristiche costruttive ed ai loro livelli prestazionali di rifrangenza cosi come indicato nella Norma UNI EN 1436

1.13. Segnaletica in pitture spartitraffico

La segnaletica orizzontale in vernice sarà eseguita con apposita attrezzatura traccialinee a spruzzo semovente.

I bordi delle strisce, linee arresto, zebrature scritte, ecc., dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta.

Le strisce orizzontali dovranno risultare perfettamente allineate con l'asse della strada.

Le vernici che saranno adoperate per l'esecuzione della segnaletica orizzontale dovranno essere accompagnate da una dichiarazione delle caratteristiche dalla quale dovranno risultare:

peso per litro a 25 gradi "C, il tempo di essiccazione, viscosità', percentuale di pigmento, percentuale di non volatile, peso di cromato di piombo o del biossido di titanio per altro di pittura gialla o bianca rispettivamente percentuale in peso delle sfere e percentuale di sfere rotonde, tipo di solvente da usarsi per diluire e quantità raccomandata l'applicazione della pittura e ogni altro requisito tecnico prescritto nelle norme vigenti.

Le pitture posate in opera dovranno soddisfare i requisiti previsti dalle norme vigenti ed essere conformi alla dichiarazione delle caratteristiche fornite al venditore entro le tolleranze appresso indicate.

Qualora la vernice non risulti conforme ad una o più caratteristiche richieste, l'Amministrazione, a suo insindacabile giudizio, potrà imporre alla Ditta appaltatrice la sostituzione a sua cura e spese, comprese quelle di maneggiamento e trasporto con altra vernice idonea.

E' facoltà della D.L. prelevare campioni di pittura che saranno sottoposti, presso laboratori ufficiali, a spese della Ditta appaltatrice, a tutte le prove necessarie per stabilire la corrispondenza con quelle indicate nei paragrafi successivi.

I contenitori prescelti per la prova dovranno risultare ermeticamente chiusi e dovranno essere etichettati con i dati necessari a identificare univocamente il campione.

Sull'etichetta saranno annotati i seguenti dati;

- Descrizione;
- Ditta produttrice;
- Data di fabbricazione;
- Numerosità e caratteristiche della partita;
- Contrassegno;
- Luogo del prelievo;
- Data del prelievo;
- Firme degli incaricati.

Si richiamano, per quanto riguarda le prove sulle vernici, sia in laboratorio che in sito, le norme:

- UNI EN 1871/2002 Requisiti e i metodi di prova per laboratorio per materiali per segnaletica stradale retroriflettenti o di altro tipo, sia permanenti sia temporanei.
- UNI EN 1436/2004 Prestazione della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada.

1.14. Segnaletica con materiali preformati permanenti retroriflettenti

La segnaletica orizzontale realizzata in preformato retrorifrangente dovrà attenersi alla normativa di cui airart.40 del D. Lgs. n. 285 del 30.04.1992 e del suo regolamento di esecuzione approvato con D.P.R. n. 495 del 16.12.1992, In particolare dall'art. 137 all'art. 155 come modificato dal D.P.R. n.610 del 16-9-1996.

I laminati elastoplastici sono di tipo autoadesivo, realizzato con polimeri d'alta qualità e contenenti una dispersione di microgranuli ad elevato potere antisdrucciolo e microsfere con caratteristiche di rifrazione tali da conferire al laminato stesso un alto e continuato pc retroriflettente. Sono materiali In grado di mantenere i valori di
visibilità diurna e notturna ed i valori di antiscivolosità, così come raccomanda la normativa europea. (Norma UNI EN 1436).

1.15. Segnaletica in materiali termoplastici

I prodotti temnoplastici utilizzati per la realizzazione della segnaletica orizzontale, dovranno essere sostituiti da aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti colorati e sostanze inerti, legate insieme da resine sintetiche termoplastiche nelle proporzioni circa di:

- aggregati 40%;
- microsfere di vetro inglobate e post spruzzate: 20%;
- legante (resine e plastificante): 20%;

Dette proporzioni da ritenersi valide per il prodotto spruzzato dovranno essere variate nel caso di posa con procedimenti di estrusione e colatura onda ottimizzare detto procedimento al fine di ottenere gli spessori appresso indicati e garantire la durata e l'efficienza richiesta.

Il peso specifico dei prodotti termoplastici sarà a 20° pari a circa 1,8 g/cmc per il prodotto spruzzato e pari a circa 2,40 g/cmc per il prodotto colato.

Gli spessori delle rispettive pellicole a lavoro ultimato saranno di norma:

- da 1 a 1,2 mm. nel caso di prodotto spruzzato;
- da 1,5 a 2 mm. nel caso di prodotto colato.

Oltre alle microsfere contenute premiscelate nel prodotto, sarà effettuata in entrambi i casi una operazione supplementare di perlinatura sulla superfìcie ancora calda della striscia, in ragione di circa q/mq 300 di microsfere di vetro.

Le pigmentazioni saranno ottenute mediante l'impiego di biossido di titanio (colore bianco) oppure da cromato di piombo (colore giallo).

La colorazione dovrà essere stabilita alle temperature di impiego del prodotto e simile a quella già indicata per le pitture spartitraffìco rifrangenti.

Sistemi di applicazione

Sono previsti due sistemi di applicazione dei prodotti termoplastici, in funzione degli spessori che sì richiedono e del tipo di segnaletica che dovrà essere realizzata.

In particolare si prevede un'attrezzatura per la stesura a spruzzo del prodotto termoplastico fuso ed una per estrusione nel caso di stesura del prodotto che fuoriesce da un apposito crogiolo sotto forma di colato plastico.

Con il primo metodo, dovranno essere realizzate solo strisce longitudinali continue e discontinue (marginatori, assi continui e discontinui), con il secondo metodo potrà essere richiesta la realizzazione anche di righe di arresto, passaggi pedonali, tacchetti scritte e frecce direzionali.

Durante la applicazione dei prodotti, la Ditta appaltatrice dovrà osservare tutte le prescrizioni dettate dalla casa costruttrice dei materiali termoplastici (pulizia del fondo stradale, temperatura ambiente, umidità ecc.) al fine di durata richiesti dalla segnaletica realizzata.

1.16. Materiali plastici a freddo

I prodotti plastici a freddo utilizzati per la realizzazione della segnaletica orizzontale, dovranno essere sostituiti da aggregati di colore chiaro, microsfere di vetro, pigmenti colorati e sostanze inerti, legate insieme da resine sintetiche nelle proporzioni circa di:

- - aggregati 27%;
- - microsfere di vetro inglobate e post spruzzate: 40%;
- - legante (resine e plastificante): 24%;
- - pigmenti : 9%

Il peso specifico dei prodotti plastici a freddo sarà a 20° pari a circa 1,65 g/cmc.

Gli spessori delle rispettive pellicole a lavoro ultimato saranno di norma: - da 1,2 a 1,5 mm.

Le pigmentazioni saranno ottenute mediante l'impiego di biossido di titanio (colore bianco) oppure da pigmenti organici (colore giallo).

La colorazione dovrà essere stabilita alle temperature di impiego del prodotto e simile a quella già indicata per le pitture spartitraffico rifrangenti.

Durata: la ditta aggiudicataria dell'appalto dovrà realizzare la segnaletica con materiali plastici a freddo garantendo l'efficienza della medesima per un periodo di 36 mesi ,per qualsiasi tipo di pavimentazione su cui sarà realizzata la segnaletica, purché non dissestata anche soggetta a traffico intenso e pesante.

Sistemi di applicazione

Sono previsti vari sistemi di applicazione dei prodotti plastici a freddo, in relazione al tipo di pavimentazione ed al tipo di segnaletica da realizzare: stesura a spatola, stesura con macchina traccialinee o macchina per estrusione; le garanzie dovranno comunque essere mantenute per qualsiasi metodologia di applicazione

2. *CONGLOMERATI BITUMINOSI CALDI PER STRATI DI BASE, COLLEGAMENTO E USURA*

Nel caso che i risultati delle prove, in sito e/o di laboratorio, diano valori difformi dai prescritti requisiti di accettazione, l'Amministrazione potrà far demolire e ricostruire l'opera a totale carico dell'impresa.

In alternativa l'opera potrà, ad insindacabile discrezione dell'Amministrazione , essere accettata con detrazione in funzione del tipo di opera, come nei paragrafi successivi specificato.

Per ciascun tipo di materiale/opera sono riportati, negli articoli seguenti, le prescrizioni/requisiti di accettazione dei materiali da impiegare, la loro posa, le prove e verifiche.

I materiali impiegati nella realizzazione della sovrastruttura stradale dovranno essere idonei all'utilizzo e provvisti di regolare marcatura CE in conformità alle prescrizioni disposte dal Regolamento (UE) n. 305/2011 che fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione.

I materiali per i quali vige l'obbligo di marcatura CE dovranno essere accompagnati dalla Dichiarazione di prestazione (DoP) predisposta in conformità all'Allegato III del Regolamento (UE) n. 305/2011.

2.1. BASE TRADIZIONALE A CALDO

La base tradizionale a caldo è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei naturali, conglomerato di recupero (fresato), bitume semisolido e additivi.

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.

2.1.1. Materiali costituenti e loro qualificazione

2.1.1.1. Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi sono composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere di additivazione o proveniente dalla frazione fina. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali o riciclati, 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					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA_{30}
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 70	$C_{70/0}$
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
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	%	≤30	FI_{30}
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA_{24}	%	≤1,5	WA_{24} 2

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 (Dmax=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	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f2

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

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$v_{38/45}$
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{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 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.

2.1.1.2. Conglomerato di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita a freddo con apposite macchine. Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di base la percentuale in peso di materiale riciclato riferita al totale della miscela degli aggregati, deve essere al massimo del 30%.

La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

2.1.1.3. Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume 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 e i relativi metodi di prova sono indicati nella Tabella A.4.

Tabella A.4

BITUME			*Tipo* 50/70	*Ttipo* 70/100
Parametro	*Normativa*	*unità di misura*	*Valori richiesti*	*Valori richiesti*
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

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. 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.

2.1.1.4. Additivi

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

Al fine di ridurre la sensibilità all'acqua, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto e deve essere stabilito in modo da garantire la resistenza all'azione dell'acqua richiesta per la miscela (Tabelle A.6 e A.7). L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidezza 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. 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'additivo, 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.

2.1.1.5. 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 determinare e dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per la base, deve avere orientativamente 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 alla massa degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5

BASE AC 32 COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	63.0	100
Setaccio	32.0	90 – 100
Setaccio	20.0	69 – 82
Setaccio	8	45 – 56
Setaccio	2	21 – 31
Setaccio	0.5	10 – 17
Setaccio	0.25	6 – 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)	4.3 – 5.3	

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34) o con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31), in modo da ottenere i requisiti riportati in Tabella A.6 (metodo MARSHALL), ovvero in Tabella A.7 (metodo volumetrico). La massa volumica della composizione tipica, costipata a 75 colpi per faccia o a 100 rotazioni di pressa giratoria è assunta come massa volumica di riferimento della miscela (UNI EN 12697 – 9) e indicata nel seguito con gmiscela.

Tabella A.6

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Costipamento 75 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	Smin	kN	10	Smin10
Rigidezza Marshall		Qmin	kN/mm	3 – 4,5	Qmin3
Vuoti residui (∗)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	Vmin3,0 – Vmax6
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR90
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,35	
Coefficiente di trazione indiretta2 a 25 °C		CTI	MPa	≥ 70	

(∗) UNI EN 12697 – 6 Procedura C.

Tabella A.7

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo 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	V10Gmin9
Vuoti a 100 rotazioni (∗)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	Vmin3,0 – Vmax6
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	ITSR90
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (∗∗)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,35	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (∗∗)		CTI	MPa	≥ 70	

(∗) UNI EN 12697 – 6 Procedura C.

(**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

[2] Coefficiente 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

2.2.2. 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. 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 i requisiti dichiarati dal produttore con controlli di accettazione a posteriori effettuati sulle miscele prelevate alla stesa e immediatamente costipate senza ulteriore riscaldamento.

Limitatamente alle caratteristiche volumetriche, i controlli di accettazione possono eventualmente essere effettuati anche con successivo riscaldamento del materiale prelevato alla stesa o ottenuto da carote, purché la quantità di materiale sia sufficiente e le temperature di costipamento siano adeguate all'indurimento subito dal bitume durante le fasi di confezione e stesa. Qualora sia necessario eseguire a posteriori anche prove meccaniche (Stabilità Marshall o Resistenza a trazione indiretta), i provini da sottoporre a tali prove saranno confezionati con gli aggregati ottenuti dalle carote miscelati con bitume nuovo simile a quello dichiarato.

Solo la comparazione tra i risultati di trazione indiretta ai fini della determinazione della sensibilità all'acqua può essere condotta su provini ottenuti mediante ulteriore riscaldamento.

6.1.3. 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 e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume sia 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 conglomerato bituminoso fresato deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%, Nel caso di valori superiori la produzione del conglomerato deve essere sospesa.

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 massa.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 150°C e 170° C e quella del legante tra 150° C e 160° 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.

2.1.4. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di base è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante la pulizia e l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per mano di ancoraggio si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C 60 B 10) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m2.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429		%	≤ 0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850			2÷4	
Miscelazione con cemento	UNI EN 12848		%	< 2	10
Caratteristiche bitume estratto	UNI EN 1431				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50 - 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	35 - 56	8
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN112593	-	°C	≤ -8	

Per mano d'attacco si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C 55 B 3), rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.2.

Tabella D.2

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	3
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Il dosaggio varia a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Nel caso di stesa della base in due strati il dosaggio dell'emulsione (tra le due basi) deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m2; nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente) il

dosaggio deve essere di 0,35 kg/m2 di bitume residuo, nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m2 di bitume residuo.

E' ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler.

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

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.

2.1.5. Posa in opera

La posa in opera dello strato di base viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i 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 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione della base deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 12 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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 deve essere stesa sullo 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.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

2.1.6. 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 gruppi di campioni; un gruppo viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da Laboratorio indicato dal Committente.

Sul conglomerato sfuso prelevato in cantiere vengono determinati il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati e il contenuto di aggregati frantumati. Inoltre, sui provini compattati secondo UNI EN 12697-34 a 75 colpi per faccia sono determinate la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12) e la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, curando di scegliere posizioni rappresentative dell'insieme della pavimentazione, lontane da chiusini e altri elementi singolari che possano impedire il corretto esercizio dei mezzi costipanti.

Sulle carote vengono misurati gli spessori degli strati e determinati la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui e l'adesione tra gli strati mediante la procedura SN 670461, nonché, qualora il conglomerato sciolto non sia stato prelevato o non sia associabile con certezza alle carote: il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati frantumati e, previo ricostipamento a temperatura adeguata del conglomerato ricavato dalle carote, anche la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

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 della base pari a:

% di detrazione = s + 0,2 s²

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

$$s = 100 \cdot \frac{S_{progetto} - S_{misurato} \times \frac{g_{carote}}{0.98 \times g_{miscela}}}{S_{progetto}}$$

gmiscela è la massa volumica di riferimento dei provini (Marshall a 75 colpi o pressa giratoria a 100 rotazioni) confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa o ottenuto dalle carote stesse. Per le posizioni nelle quali le carote sono prelevate ai soli fini della verifica dello spessore, la massa volumica di riferimento è quella ottenuta da altri prelievi prossimi o, in mancanza, quella determinata nello studio della miscela.

Nei casi in cui risulti s > 15 si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il conguagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di binder, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di base fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

La **curva granulometrica** non deve discostarsi da quella dichiarata nello studio della miscela (composizione tipica), con la tolleranza ± 5% sulle singole percentuali di passante ai setacci di apertura maggiore o uguale a 2 mm,
± 3% per i setacci 0,5 mm e 0,25 mm, ± 1,5% al setaccio 0,063 mm.

Scostamenti superiori alla tolleranza comportano la ripresentazione dello studio della miscela con l'assortimento granulometrico effettivamente posto in opera. In caso di mancato soddisfacimento dei requisiti indicati in tabella A.6 o tabella A.7, 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 nel contenuto di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 25 b^2

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore dichiarato 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)

La percentuale di aggregati frantumati nella frazione grossa viene determinata in conformità alla UNI EN 933-5. Per percentuale di aggregati frantumati inferiore a quella prevista (70% dell'aggregato grosso) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 0,5 nf^2

dove nf è la differenza tra 70 e la percentuale in massa degli aggregati frantumati, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta volta per volta la necessità di accertamenti a posteriori, e di conseguenza l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata 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 della base pari a:

% 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 della miscela sotto costipamento normalizzato vengono determinati secondo la UNI EN 12697-8 e la procedura C della UNI EN 12697-6. Per valori della percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.6, ovvero dei provini con pressa giratoria a 100 rotazioni eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.7, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 2e + e^2

dove e è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti rispetto al valore indicato nelle tabelle A.6 o A.7 aumentato di due punti percentuali per l'incertezza di laboratorio.

Il **grado di addensamento** G% delle carote è pari a gcarota/gmiscela espresso in %, con gmiscela pari a quella misurata su provini del materiale prelevato in opera confezionati con compattazione a impatto (Marshall) con 75 colpi per faccia (C.1.3 di tab. C.1 della EN 13108–20), ovvero a quella corrispondente a 100 rotazioni di pressa giratoria (C.1.9 di tab. C.1 della EN 13108–20).

Per valori del grado di addensamento delle carote inferiore a G%limite viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 3 i + i^3

dove i è l'insufficienza di addensamento i = (G%carote - G%limite %) con G%limite pari a 97 diminuito di un punto per l'incertezza di laboratorio se G%carote è ottenuta come media di almeno due determinazioni e diminuito di due punti se ottenuto da una sola determinazione e/o se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6%, o se particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato sono state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori di una delle due detrazioni (vuoti residui e grado di addensamento) superiori al 40% e/o valori della somma delle due superiore al 50%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Qualora non sia possibile valutare separatamente i vuoti residui della miscela e il grado di addensamento in opera, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 2v + v^2

dove v è l'eccedenza di vuoti residui in opera, determinati sulle carote, rispetto al valore fisso del 9%, comprensivo dell'errore di laboratorio, aumentato a 10% se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6% o quando particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato siano state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori della detrazione, così determinata, superiori al 40%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per l'eccesso nella quantità di legante, 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.

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

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Base	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.1
Base	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.2
Base	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.3
Base	Legante	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.4
Base	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due per ogni cantiere	Caratteristiche compositive e volumetriche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Base	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due posizioni per ogni cantiere	Spessore previsto in progetto, massa volumica, % vuoti residui, adesione tra gli strati, ed eventualmente le prove previste sul conglomerato sfuso.

2.2. BASE A CALDO CON BITUME MODIFICATO

La base a caldo con bitume modificato è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei, conglomerato di recupero (fresato), bitume modificato con polimeri e additivi.

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.

2.2.1. Materiali costituenti e loro qualificazione

2.2.1.1. Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi sono composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere di additivazione o proveniente dalla frazione fina. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali o riciclati, 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					
Requisito	*Norma*	*Simbolo*	*Unità di misura*	*Valori richiesti*	*Categoria*
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤30	LA_{30}
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 70	$C_{70/0}$
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
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	%	≤30	FI_{30}
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA_{24}	%	≤1,5	WA_{24} 2

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 (Dmax=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	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f2

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 deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	*Norma*	*Simbolo*	*unità di misura*	*Valori richiesti*	*Categoria*
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$v_{38/45}$
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/legante (Rapporto filler/legante = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{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 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.

2.2.1.2. Conglomerato di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso già usato nelle strade, proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita a freddo con apposite macchine.

Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-
8.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di base la percentuale in peso di materiale riciclato riferita al totale della miscela degli aggregati, deve essere al massimo del 30%

La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

2.2.1.3. Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. 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 e i relativi metodi di prova sono indicati nella Tabella A.4.

Tabella A.4

BITUME MODIFICATO PmB 45-80/55				
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 55
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12
Viscosità dinamica a 160°C, $g = 10s^{-1}$	UNI EN 13302	-	mPa·s	100-300
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R_E	%	≥ 60
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	≤ 3
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1			
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 60
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8

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.

2.2.1.4. Additivi

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

Al fine di ridurre la sensibilità all'acqua, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, 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'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidezza 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. 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, 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.

2.2.1.5. 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 determinare e dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per strato di base deve avere orientativamente 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 alla massa degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5

BASE AC 32 COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	63.0	100
Setaccio	32.0	90 – 100
Setaccio	20.0	69 – 82
Setaccio	8	45 – 56
Setaccio	2	21 – 31
Setaccio	0.5	10 – 17
Setaccio	0.25	6 – 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)		4.3 – 5.3

La quantità di legante di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34). o con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31), in modo da ottenere i requisiti riportati in Tabella A.6 ovvero in Tabella A.7.

La massa volumica della composizione tipica, costipata a 75 colpi per faccia o a 100 rotazioni di pressa giratoria è assunta come massa volumica di riferimento della miscela (UNI EN 12697 – 9) e indicata nel seguito con gmiscela.

Tabella A.6

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Costipamento 75 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	S_{min}	kN	10	S_{min10}
Rigidezza 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	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,9 – 1,5	
Coefficiente di trazione indiretta[2] a 25 °C		CTI	MPa	≥ 80	
(*) UNI EN 12697 – 6 Procedura C					

Tabella A.7

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo 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	V10Gmin9
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 – 8	V	%	3 – 6	Vmin3,0 – Vmax6
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 – 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	>	ITSR90
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,9 – 1,5	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) UNI EN 12697 – 6 Procedura C. (**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

2.2.2. 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. 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 i requisiti dichiarati dal produttore con controlli di accettazione a posteriori effettuati sulle miscele prelevate alla stesa e immediatamente costipate senza ulteriore riscaldamento. Limitatamente alle caratteristiche volumetriche, i controlli di accettazione possono eventualmente essere effettuati anche con successivo riscaldamento del materiale prelevato alla stesa o ottenuto da carote, purché la quantità di materiale sia sufficiente e le temperature di costipamento siano adeguate all'indurimento subito dal bitume durante le fasi di confezione e stesa.

Qualora sia necessario eseguire a posteriori anche prove meccaniche (Stabilità Marshall o Resistenza a trazione indiretta), i provini da sottoporre a tali prove saranno confezionati con gli aggregati ottenuti dalle carote miscelati con bitume nuovo simile a quello dichiarato.

Solo la comparazione tra i risultati di trazione indiretta ai fini della determinazione della sensibilità all'acqua può essere condotta su provini ottenuti mediante ulteriore riscaldamento.

2.2.3. 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 legante alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del legante 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 conglomerato bituminoso fresato deve essere al coperto. L'umidità del fresato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%, Nel caso di valori superiori la produzione del conglomerato deve essere sospesa.

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 massa.

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 modificato 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.

2.2.4. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di base è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante la pulizia e l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

Per mano di ancoraggio si intende una emulsione bituminosa a rottura lenta e bassa viscosità, applicata sopra uno strato in misto granulare prima della realizzazione di uno strato in conglomerato bituminoso. Scopo di tale lavorazione è quello di riempire i vuoti dello strato non legato irrigidendone la parte superficiale fornendo al contempo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C 60 B 10) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1 , applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m2.

Tabella D.1

	EMULSIONE BITUMINOSA - C 60 B10				
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	40+/-1	*6*
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429		%	≤ 0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850			2÷4	
Miscelazione con cemento	UNI EN 12848		%	< 2	*10*
Caratteristiche bitume estratto	UNI EN 1431				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50 - 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	35 - 56	8
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN112593	-	°C	≤ -8	

Per mano d'attacco si intende una emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C 69 BP 3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate in Tabella D.2.

Tabella D.2

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
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	*4*
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
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*

La mano d'attacco può essere realizzata anche con bitume modificato con polimeri steso a caldo, nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione per unità di superficie.

Prima della stesa della mano d'attacco l'Impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti e provvedere alla sigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di una malta bituminosa sigillante.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler.

Il dosaggio di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o del bitume modificato con polimeri spruzzato a caldo, deve essere pari a 0,40 kg/m2 nel caso di stesa della base su pavimentazione precedentemente

fresata, di 0,35 kg/m2 nel caso di ricarica (stesa di base su pavimentazione preesistente), di 0,30 kg/m2 nel caso di interfaccia tra due strati di base stesi separatamente (base stesa in due passate).

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

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.

2.2.5. Posa in opera

La posa in opera dello strato di base viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i 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 stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione della base deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 12 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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 deve essere stesa sullo 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.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso.

2.2.6. 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 gruppi di campioni; un gruppo viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da Laboratorio indicato dal Committente.

Sul conglomerato sfuso prelevato in cantiere vengono determinati il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati e il contenuto di aggregati frantumati. Inoltre, sui provini compattati secondo UNI EN 12697-34 a 75 colpi per faccia sono determinate la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12) e la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, curando di scegliere posizioni rappresentative dell'insieme della pavimentazione, lontane da chiusini e altri elementi singolari che possano impedire il corretto esercizio dei mezzi costipanti.

Sulle carote vengono misurati gli spessori degli strati e determinati la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui e l'adesione tra gli strati mediante la procedura SN 670461, nonché, qualora il conglomerato sciolto non sia stato prelevato o non sia associabile con certezza alle carote: il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati frantumati e, previo ricostipamento a temperatura adeguata del conglomerato ricavato dalle carote, anche la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

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 della base pari a:

% di detrazione = s + 0,2 s²

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

$$s = 100 \cdot \frac{S_{progetto} - S_{misurato} \times \frac{g_{carote}}{0.98 \times g_{miscela}}}{S_{progetto}}$$

gmiscela è la massa volumica di riferimento dei provini (Marshall a 75 colpi o pressa giratoria a 100 rotazioni) confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa o ottenuto dalle carote stesse. Per le posizioni nelle quali le carote sono prelevate ai soli fini della verifica dello spessore, la massa volumica di riferimento è quella ottenuta da altri prelievi prossimi o, in mancanza, quella determinata nello studio della miscela.

Nei casi in cui risulti s > 15 si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il conguagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante strato di binder, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di base fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

La curva granulometrica non deve discostarsi da quella dichiarata nello studio della miscela (composizione tipica), con la tolleranza ± 5% sulle singole percentuali di passante ai setacci di apertura maggiore o uguale a 2 mm,
± 3% per i setacci 0,5 mm e 0,25 mm, ± 1,5% al setaccio 0,063 mm.

Scostamenti superiori alla tolleranza comportano la ripresentazione dello studio della miscela con l'assortimento granulometrico effettivamente posto in opera. In caso di mancato soddisfacimento dei requisiti indicati in tabella A.6 o tabella A.7, 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 nel contenuto di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 25 b²

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore dichiarato 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)

La percentuale di aggregati frantumati nella frazione grossa viene determinata in conformità alla UNI EN 933-5. Per percentuale di aggregati frantumati inferiore a quella prevista (80% dell'aggregato grosso) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 0,5 nf²

dove nf è la differenza tra 70 e la percentuale in massa degli aggregati frantumati, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta volta per volta la necessità di accertamenti a posteriori, e di conseguenza l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata 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 della base pari a:

% 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** della miscela sotto costipamento normalizzato vengono determinati secondo la UNI EN 12697-8 e la procedura C della UNI EN 12697-6. Per valori della percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.6, ovvero dei provini con pressa giratoria a 100 rotazioni eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.7, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 2e + e²

dove e è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti rispetto al valore indicato nelle tabelle A.6 o A.7 aumentato di due punti percentuali per l'incertezza di laboratorio.

Il **grado di addensamento** G% delle carote è pari a c a rota / m is ce la e s pre s s o in %, con m is ce la pa ri a quella misurata su provini del materiale prelevato in opera confezionati con compattazione a impatto (Marshall) con 75 colpi per faccia (C.1.3 di tab. C.1 della EN 13108–20), ovvero a quella corrispondente a 100 rotazioni di pressa giratoria (C.1.9 di tab. C.1 della EN 13108–20).

Per valori del grado di addensamento delle carote inferiore a G%limite viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 3 i + i³

dove i è l'insufficienza di addensamento i = (G%carote - G%limite %) con G%limite pari a 97 diminuito di un punto per l'incertezza di laboratorio se G%carote è ottenuta come media di almeno due determinazioni e diminuito di due punti se ottenuto da una sola determinazione e/o se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6%, o se particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato sono state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori di una delle due detrazioni (vuoti residui e grado di addensamento) superiori al 40% e/o valori della somma delle due superiore al 50%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Qualora non sia possibile valutare separatamente i vuoti residui della miscela e il grado di addensamento in opera, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco della base pari a:

% di detrazione = 2 v + v²

dove v è l'eccedenza di vuoti residui in opera, determinati sulle carote, rispetto al valore fisso del 9%, comprensivo dell'errore di laboratorio, aumentato a 10% se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6% o quando particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato siano state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori della detrazione, così determinata, superiori al 40%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per l'eccesso nella quantità di legante, 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.

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

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE

STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Base	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.1
Base	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.2
Base	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.3
Base	Legante	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.4
Base	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due per ogni cantiere	Caratteristiche compositive e volumetriche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Base	Carote	Pavimentazione	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due posizioni per ogni cantiere	Spessore previsto in progetto, massa volumica, % vuoti residui ed eventualmente le prove previste sul conglomerato sfuso.

2.3. BINDER TRADIZIONALE A CALDO

Il binder tradizionale a caldo è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei naturali, conglomerato di recupero (fresato), bitume semisolido e additivi.

Le miscele impiegate devono essere qualificate in conformità al Regolamento UE n. 305/2011. Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13108-1.

2.3.1. Materiali costituenti e loro qualificazione

2.3.1.1. Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi sono composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere di additivazione o proveniente dalla frazione fina. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali o riciclati, 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					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA_{25}
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	≥ 80	$C_{80/0}$
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
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	%	≤25	FI_{25}
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA_{24}	%	≤1,5	WA_{24} 2

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 (Dmax=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	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	f2

Il filler, frazione passante per la maggior parte 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 deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$v_{38/45}$
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/bitume (Rapporto filler/bitume = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{R\&B}$ 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 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.

2.3.1.2. Conglomerato di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso preesistente proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita a freddo con apposite macchine. Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di binder la percentuale in peso di materiale riciclato riferita al totale della miscela degli aggregati, deve essere al massimo del 20%.

La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

2.3.1.3. Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume 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 indicati nella Tabella A.4.

Tabella A.4

BITUME			*Tipo* 50/70	*Ttipo* 70/100
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

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. 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.

2.3.1.4. Additivi

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

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

L'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidezza 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. Poiché il tipo di additivo e le modalità di impiego incidono sulla riattivazione del bitume contenuto nel conglomerato di recupero, il dosaggio deve essere valutato 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'additivo, 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.

2.3.1.5. 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 determinare e dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per il binder, deve avere orientativamente 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 alla massa degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5

BINDER AC 20 COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	32.0	100
Setaccio	20.0	90 – 100
Setaccio	10.0	56 – 68
Setaccio	4	37 – 48
Setaccio	2	23 – 33
Setaccio	0.5	11 – 17
Setaccio	0.25	6 – 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)		4.3 – 5.7

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34) o con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31), in modo da ottenere i requisiti riportati in Tabella A.6 (metodo MARSHALL), ovvero in Tabella A.7 (metodo volumetrico).

La massa volumica della composizione tipica, costipata a 75 colpi per faccia o a 100 rotazioni di pressa giratoria è assunta come massa volumica di riferimento della miscela (UNI EN 12697 – 9) e indicata nel seguito con gmiscela.

Tabella A.6

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Costipamento 75 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	S_{min}	kN	10	S_{min10}
Rigidezza 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	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,35	
Coefficiente di trazione indiretta[2] a 25 °C		CTI	MPa	≥ 70	
(∗) UNI EN 12697 – 6 Procedura C.					

Tabella A.7

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo 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	$V10G_{min9}$
Vuoti a 100 rotazioni (∗)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	$V_{min3,0} – V_{max6}$
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (∗∗)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,75 – 1,35	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (∗∗)		CTI	MPa	≥ 70	
(∗) UNI EN 12697 – 6 Procedura C.					
(∗∗) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

[2] Coefficiente di trazione indiretta CTI = π/2 DRt/Dc
dove
D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino Dc = deformazione a rottura
Rt = resistenza a trazione indiretta

2.3.2. 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. 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 i requisiti dichiarati dal produttore con controlli di accettazione a posteriori effettuati sulle miscele prelevate alla stesa e immediatamente costipate senza ulteriore riscaldamento.

Limitatamente alle caratteristiche volumetriche, i controlli di accettazione possono eventualmente essere effettuati anche con successivo riscaldamento del materiale prelevato alla stesa o ottenuto da carote, purché la quantità di materiale sia sufficiente e le temperature di costipamento siano adeguate all'indurimento subito dal bitume durante le fasi di confezione e stesa. Qualora sia necessario eseguire a posteriori anche prove meccaniche (Stabilità Marshall o Resistenza a trazione indiretta), i provini da sottoporre a tali prove saranno confezionati con gli aggregati ottenuti dalle carote miscelati con bitume nuovo simile a quello dichiarato.

Solo la comparazione tra i risultati di trazione indiretta ai fini della determinazione della sensibilità all'acqua può essere condotta su provini ottenuti mediante ulteriore riscaldamento.

2.3.3. 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 e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume sia 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 massa.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 150°C e 170° C e quella del legante tra 150° C e 160° 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.

2.3.4. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione del binder è necessario pulire e preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante.

La mano d'attacco può essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo. E' ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler.

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 diretta eseguita secondo la SN 670461.

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m2 nel caso di nuove costruzioni (stesa del binder sopra la base), di 0,35 kg/m2 nel caso di ricariche (stesa di binder su pavimentazione preesistente), di 0,40 kg/m2 nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C 55 B 3, rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	*3*
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	*3*
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	*3*
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa 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

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

2.3.5. Posa in opera

La posa in opera del binder viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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 spalmato o 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 dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i 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 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione del binder deve iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 8t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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 binder deve essere 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.

2.3.6. 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 gruppi di campioni; un gruppo viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da Laboratorio indicato dal Committente.

Sul conglomerato sfuso prelevato in cantiere vengono determinati il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati e il contenuto di aggregati frantumati. Inoltre, sui provini compattati secondo UNI EN 12697-34 a 75 colpi per faccia sono determinate la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12) e la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, curando di scegliere posizioni rappresentative dell'insieme della pavimentazione, lontane da chiusini e altri elementi singolari che possano impedire il corretto esercizio dei mezzi costipanti.

Sulle carote vengono misurati gli spessori degli strati e determinati la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui e l'adesione tra gli strati mediante la procedura SN 670461, nonché, qualora il conglomerato sciolto non sia stato prelevato o non sia associabile con certezza alle carote: il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati frantumati e, previo ricostipamento a temperatura adeguata del conglomerato ricavato dalle carote, anche la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

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 binder pari a:

% di detrazione = s + 0,2 s²

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

$$s = 100 \cdot \frac{S_{progetto} - S_{misurato} \times \dfrac{g_{carota}}{0.98 \times g_{miscela}}}{S_{progetto}}$$

gmiscela è la massa volumica di riferimento dei provini (Marshall a 75 colpi o pressa giratoria a 100 rotazioni) confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa o ottenuto dalle carote stesse.

Per le posizioni

nelle quali le carote sono prelevate ai soli fini della verifica dello spessore, la massa volumica di riferimento è quella ottenuta da altri prelievi prossimi o, in mancanza, quella determinata nello studio della miscela.

Nei casi in cui risulti s > 15 si procederà alla stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) fino a raggiungere lo spessore di progetto. La ricarica deve avere uno spessore di almeno 2,0 cm e può essere effettuata con conglomerato tipo binder o tappeto di usura. Quando lo spessore da compensare è inferiore a cm 2,0 il conguagliamento può essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura, oppure si deve procedere alla fresatura parziale dello strato di binder fino a consentire un conguagliamento di spessore maggiore o uguale a cm 2,0.

La curva granulometrica non deve discostarsi da quella dichiarata nello studio della miscela (composizione tipica), con la tolleranza ± 5% sulle singole percentuali di passante ai setacci di apertura maggiore o uguale a 2 mm,
± 3% per i setacci 0,5 mm e 0,25 mm, ± 1,5% al setaccio 0,063 mm.

Scostamenti superiori alla tolleranza comportano la ripresentazione dello studio della miscela con l'assortimento granulometrico effettivamente posto in opera. In caso di mancato soddisfacimento dei requisiti indicati in tabella A.6 o tabella A.7, 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 nel contenuto di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 25 b^2

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore dichiarato 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)

La percentuale di aggregati frantumati nella frazione grossa viene determinata in conformità alla UNI EN 933-5. Per percentuale di aggregati frantumati inferiore a quella prevista (80% dell'aggregato grosso) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 0,5 nf^2

dove nf è la differenza tra 80 e la percentuale in massa degli aggregati frantumati, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta volta per volta la necessità di accertamenti a posteriori, e di conseguenza l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata 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 binder pari a:

% 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** della miscela sotto costipamento normalizzato vengono determinati secondo la UNI EN 12697-8 e la procedura C della UNI EN 12697-6. Per valori della percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.6, ovvero dei provini con pressa giratoria a 100 rotazioni eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.7, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 2e + e^2

dove e è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti rispetto al valore indicato nelle tabelle A.6 o A.7 aumentato di due punti percentuali per l'incertezza di laboratorio.

Il **grado di addensamento** G% delle carote è pari a gcarota/gmiscela espresso in %, con gmiscela pari a quella misurata su provini del materiale prelevato in opera confezionati con compattazione a impatto (Marshall) con 75 colpi per faccia (C.1.3 di tab. C.1 della EN 13108–20), ovvero a quella corrispondente a 100 rotazioni di pressa giratoria (C.1.9 di tab. C.1 della EN 13108–20).

Per valori del grado di addensamento delle carote inferiore a G%limite viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 3 i + i^3

dove i è l'insufficienza di addensamento i = (G%carote - G%limite %) con G%limite pari a 97 diminuito di un punto per l'incertezza di laboratorio se G%carote è ottenuta come media di almeno due determinazioni e diminuito di due punti se ottenuto da una sola determinazione e/o se il tratto stradale ha pendenza superiore al

6%, o se particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato sono state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori di una delle due detrazioni (vuoti residui e grado di addensamento) superiori al 40% e/o valori della somma delle due superiore al 50%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Qualora non sia possibile valutare separatamente i vuoti residui della miscela e il grado di addensamento in opera, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 2 v + v²

dove v è l'eccedenza di vuoti residui in opera, determinati sulle carote, rispetto al valore fisso del 9%, comprensivo dell'errore di laboratorio, aumentato a 10% se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6% o quando particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato siano state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori della detrazione, così determinata, superiori al 40%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** del binder allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita secondo la procedura della norma SN 670461.

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = t + 0,2 t²

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 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 10 kN.

Per l'eccesso nella quantità di legante, 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.

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

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Binder	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.1
Binder	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.2
Binder	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.3
Binder	Legante	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.4
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due per ogni cantiere	Caratteristiche compositive e volumetriche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Binder	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due posizioni per ogni cantiere	Spessore previsto in progetto, massa volumica, % vuoti residui, adesione tra gli strati, ed eventualmente le prove previste sul conglomerato sfuso.

2.4. BINDER CON BITUME MODIFICATO

Il binder a caldo con bitume modificato è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei, conglomerato di recupero (fresato), bitume modificato con polimeri e additivi.

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.

2.4.1. Materiali costituenti e loro qualificazione

2.4.1.1. Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi sono composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere di additivazione o proveniente dalla frazione fina. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali o riciclati, 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					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA25
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	80	C80/0
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	30	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f1
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F1
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤25	FI25
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA24	%	≤1,5	WA242

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 (Dmax=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	-
Quantità di frantumato			%	≥50	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤2	F2

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 deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

Tabella A.3

FILLER					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	IP		N.P.	-
Porosità del filler secco compattato (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$v_{38/45}$
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/legante (Rapporto filler/legante = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{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 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.

2.4.1.2. Conglomerato di recupero

Per conglomerato di recupero (riciclato) deve intendersi il conglomerato bituminoso già usato nelle strade, proveniente dalla frantumazione di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita a freddo con apposite macchine. Il conglomerato di recupero deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

Prima del suo reimpiego il conglomerato riciclato deve essere vagliato per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al Dmax previsto per la miscela.

Nei conglomerati bituminosi per strati di binder la percentuale in peso di materiale riciclato riferita al totale della miscela degli aggregati, deve essere al massimo del 20%

La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

2.4.1.3. Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. 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 e i relativi metodi di prova sono indicati nella Tabella A.4.

Tabella A.4

BITUME MODIFICATO PmB 45-80/55				
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 55
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12
Viscosità dinamica a 160°C, g =10s^{-1}	UNI EN 13302	-	mPa·s	100-300
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R_E	%	≥ 60
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	≤ 3
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1			
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 60
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8

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.

2.4.1.4. Additivi

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

Al fine di ridurre la sensibilità all'acqua, devono essere impiegati additivi (attivanti di adesione e/o filler speciali) che favoriscono l'adesione bitume – aggregato. Il loro dosaggio, 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'impiego del conglomerato di recupero (fresato), pur nei limiti previsti al precedente punto A2, può provocare un indurimento del mastice e quindi una eccessiva rigidezza 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. 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, 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.

2.4.1.5. 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 determinare e dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per il binder deve avere orientativamente 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 alla massa degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Tabella A.5

BINDER AC 20 COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		
Serie ISO	mm	% di passante
Setaccio	32.0	100
Setaccio	20.0	90 – 100
Setaccio	10.0	56 – 68
Setaccio	4	37 – 48
Setaccio	2	23 – 33
Setaccio	0.5	11 – 17
Setaccio	0.25	6 – 12
Setaccio	0.063	4 - 7
Contenuto di legante (%)		4.3 – 5.7

Tabella A.6

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Costipamento 75 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	S_{min}	kN	10	S_{min10}
Rigidezza 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	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,9 – 1,5	
Coefficiente di trazione indiretta ^{2}a 25 °C		CTI	MPa	≥ 80	

(∗) UNI EN 12697 – 6 Procedura C

La quantità di legante di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34). o con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31), in modo da ottenere i requisiti riportati in Tabella A.6 oppure in Tabella A.7.

La massa volumica della composizione tipica, costipata a 75 colpi per faccia o a 100 rotazioni di pressa giratoria è assunta come massa volumica di riferimento della miscela (UNI EN 12697 – 9) e indicata nel seguito con

$g_{miscela}$.

2.4.2. 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. 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.

Tabella A.7

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo 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	$V10G_{min9}$
Vuoti a 100 rotazioni (∗)	UNI EN 12697 – 8	V	%	3 – 6	$V_{min3,0} – V_{max6}$
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 – 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (∗∗)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,9 – 1,5	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (∗∗)		CTI	MPa	≥ 80	

(∗) UNI EN 12697 – 6 Procedura C.
(∗∗) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare i requisiti dichiarati dal produttore con controlli di accettazione a posteriori effettuati sulle miscele prelevate alla stesa e immediatamente costipate senza ulteriore riscaldamento. Limitatamente alle caratteristiche volumetriche, i controlli di accettazione possono eventualmente

[2] Coefficiente di trazione indiretta
CTI =
π /2
DRt/Dc
dove
D = dimensione in mm della sezione trasversale
del provino Dc = deformazione a rottura
Rt = resistenza a trazione indiretta

essere effettuati anche con successivo riscaldamento del materiale prelevato alla stesa o ottenuto da carote, purché la quantità di materiale sia sufficiente e le temperature di costipamento siano adeguate all'indurimento subito dal bitume durante le fasi di confezione e stesa.

Qualora sia necessario eseguire a posteriori anche prove meccaniche (Stabilità Marshall o Resistenza a trazione indiretta), i provini da sottoporre a tali prove saranno confezionati con gli aggregati ottenuti dalle carote miscelati con bitume nuovo simile a quello dichiarato.

Solo la comparazione tra risultati di trazione indiretta ai fini della determinazione della sensibilità all'acqua può essere condotta su provini ottenuti mediante ulteriore riscaldamento.

2.4.3. 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 legante alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del legante 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 massa.

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 modificato 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.

2.4.4. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione del binder è necessario pulire e preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante.

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.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler.

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 secondo la 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/m2 nel caso di nuove costruzioni (stesa del binder sopra la base), di 0,35 kg/m2 nel caso di ricarica (stesa di binder su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m2 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 bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C 69 BP 3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato con polimeri steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate nella stessa Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
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	4
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
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	RE	%	≥ 75	4

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.

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

2.4.5. Posa in opera

La posa in opera del binder viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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 dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i 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 stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati. Possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di peso non inferiore a 8t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

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 binder deve essere 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.

2.4.6. 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 gruppi di campioni; un gruppo viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da Laboratorio indicato dal Committente.

Sul conglomerato sfuso prelevato in cantiere vengono determinati il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati e il contenuto di aggregati frantumati nella frazione grossa (UNI EN 932- 3). Inoltre, sui provini compattati secondo UNI EN 12697-34 a 75 colpi per faccia sono determinate la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12) e la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, curando di scegliere posizioni rappresentative dell'insieme della pavimentazione, lontane da chiusini e altri elementi singolari che possano impedire il corretto esercizio dei mezzi costipanti.

Sulle carote vengono misurati gli spessori degli strati e determinati la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui e l'adesione tra gli strati mediante la procedura SN 670461, nonché, qualora il conglomerato sciolto non sia stato prelevato o non sia associabile con certezza alle carote: il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura ignea estrusiva nella frazione grossa (UNI EN 932-3) e, previo ricostipamento a temperatura adeguata del conglomerato ricavato dalle carote, anche la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

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 binder pari a:

% di detrazione = s + 0,2 s²

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

$$s = 100 \cdot \frac{S_{progetto} - S_{misurato} \times \dfrac{g_{miscela}}{0.98 \times g_{miscela}}}{S_{progetto}}$$

gmiscela è la massa volumica di riferimento dei provini (Marshall a 75 colpi o pressa giratoria a 100 rotazioni) confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa o ottenuto dalle carote stesse. Per le posizioni nelle quali le carote sono prelevate ai soli fini della verifica dello spessore, la massa volumica di riferimento è quella ottenuta da altri prelievi prossimi o, in mancanza, quella determinata nello studio della miscela.

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.

La curva granulometrica non deve discostarsi da quella dichiarata nello studio della miscela (composizione tipica), con la tolleranza ± 5% sulle singole percentuali di passante ai setacci di apertura maggiore o uguale a 2 mm,
± 3% per i setacci 0,5 mm e 0,25 mm, ± 1,5% al setaccio 0,063 mm.

Scostamenti superiori alla tolleranza comportano la ripresentazione dello studio della miscela con l'assortimento granulometrico effettivamente posto in opera. In caso di mancato soddisfacimento dei requisiti indicati
in tabella A.6 o tabella A.7, 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 nel contenuto di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 25 b^2

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore dichiarato 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)

La percentuale di aggregati frantumati nella frazione grossa viene determinata in conformità alla UNI EN 933-5. Per percentuale di aggregati frantumati inferiore a quella prevista (80% dell'aggregato grosso) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 0,5 nf^2

dove nf è la differenza tra 80 e la percentuale in massa degli aggregati frantumati, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta volta per volta la necessità di accertamenti a posteriori, e di conseguenza l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata 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 binder pari a:

% 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** della miscela sotto costipamento normalizzato vengono determinati secondo la UNI EN 12697-8 e la procedura C della UNI EN 12697-6. Per valori della percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.6, ovvero dei provini con pressa giratoria a 100 rotazioni eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.7, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 2e + e^2

dove e è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti rispetto al valore indicato nelle tabelle A.6 o A.7 aumentato di due punti percentuali per l'incertezza di laboratorio.

Il **grado di addensamento** G% delle carote è pari a gcarota/gmiscela espresso in %, con gmiscela pari a quella misurata su provini del materiale prelevato in opera confezionati con compattazione a impatto (Marshall) con 75 colpi per faccia (C.1.3 di tab. C.1 della EN 13108–20), ovvero a quella corrispondente a 100 rotazioni di pressa giratoria (C.1.9 di tab. C.1 della EN 13108–20).

Per valori del grado di addensamento delle carote inferiore a G%limite viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 3 i + i^3

dove i è l'insufficienza di addensamento i = (G%carote - G%limite %) con G%limite pari a 97 diminuito di un punto per l'incertezza di laboratorio se G%carote è ottenuta come media di almeno due determinazioni e diminuito di due punti se ottenuto da una sola determinazione e/o se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6%, o se particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato sono state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori di una delle due detrazioni (vuoti residui e grado di addensamento) superiori al 40% e/o valori della somma delle due superiore al 50%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Qualora non sia possibile valutare separatamente i vuoti residui della miscela e il grado di addensamento in opera, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = 2 v + v²

dove v è l'eccedenza di vuoti residui in opera, determinati sulle carote, rispetto al valore fisso del 9%, comprensivo dell'errore di laboratorio, aumentato a 10% se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6% o quando

particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato siano state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori della detrazione, così determinata, superiori al 40%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

L'**ancoraggio** allo strato sottostante viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita secondo la procedura della norma SN 670461.

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 12 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del binder pari a:

% di detrazione = t + 0,2 t²

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 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.

Per l'eccesso nella quantità di legante, 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.

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

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Binder	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.1
Binder	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.2
Binder	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.3
Binder	Legante	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.4
Binder	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due per ogni cantiere	Caratteristiche compositive e volumetriche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Binder	Carote	Pavimentazione	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due posizioni per ogni cantiere	Spessore previsto in progetto, massa volumica, % vuoti residui, adesione tra gli strati, ed eventualmente le prove previste sul conglomerato sfuso.

2.5. TAPPETO DI USURA TRADIZIONALE A CALDO

Il tappeto di usura tradizionale a caldo è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei, bitume semisolido e additivi, contenente una quota di materiale proveniente da vecchie pavimentazioni (fresato) non superiore al 10% della massa totale.

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.

2.5.1. Materiali costituenti e loro qualificazione

2.5.1.1. Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi sono composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere di additivazione o proveniente dalla frazione fina. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali o riciclati, 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 e 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 diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1 e almeno il 90% sia di natura ignea estrusiva (basalto, trachite, leucitite).

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤20	LA20
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C100/0
Dimensione Max	UNI EN 933-1	D	mm	16	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f1
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F1
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤20	FI20
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA24	%	≤1,5	WA242
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV	-	≥44	PSV44

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 (Dmax=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	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f5

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 (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$v_{38/45}$
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/legante (Rapporto filler/legante = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{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 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.

Qualora si impieghi conglomerato di recupero proveniente da vecchie pavimentazioni (riciclato o fresato), esso deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, vagliato prima dell'impiego per

eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al Dmax previsto per la miscela. La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

2.5.1.2 Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio. Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alla classi di penetrazione 50/70 oppure 70/100, definite dalla UNI EN 12591. La preferenza di impiego sarà per la classe 50/70 per le temperature più elevate.

Il bitume 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 indicati nella Tabella A.4.

Tabella A.4

BITUME			*Tipo* 50/70	*Ttipo* 70/100
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	0,1mm	50-70	70 - 100
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	46-54	43 - 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	°C	≤ - 8	≤ -10
Solubilità	UNI EN12592	%	≥ 99	≥ 99
Valori dopo RTFOT (163°C)	UNI EN12607-1			
Variazione di massa	UNI EN12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	%	≥ 50	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≥ 48	≥ 45
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	°C	≤ 11	≤ 11

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. 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.

2.5.1.3. Additivi

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.

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.

2.5.1.4. 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 determinare e dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere orientativamente una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5, AC12 se lo spessore finito previsto è compreso tra 4 e 6 cm, AC10 se di 3 cm, oppure AC8, su autorizzazione del direttore dei lavori, qualora si preveda che in alcuni punti della piattaforma si possano localmente raggiungere spessori inferiori a 3 cm.

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

Tabella A.5

COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		TAPPETO AC12	TAPPETO AC10	TAPPETO AC8
Serie ISO	mm	% di passante	% di passante	% di passante
Setaccio	16.0	100	100	100
Setaccio	12.0	90 – 100	100	100
Setaccio	10.0	-	90 – 100	100
Setaccio	8.0	72 – 84	75 – 90	90 – 100
Setaccio	6.3	-	-	75 – 88
Setaccio	4	44 – 55	44 – 62	53 – 66
Setaccio	2	26 – 36	26 – 40	30 – 43
Setaccio	0.5	14 – 20	14 – 22	17 – 25
Setaccio	0.25	10 – 15	10 – 16	11 – 17
Setaccio	0.063	6 – 10	6 - 10	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2	4.8 – 6.4	4.8 – 6.4

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34) o con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31), in modo da ottenere i requisiti riportati in Tabella A.6, oppure in Tabella A.7.

La massa volumica della composizione tipica, costipata a 75 colpi per faccia o a 100 rotazioni di pressa giratoria è assunta come massa volumica di riferimento della miscela (UNI EN 12697 – 9) e indicata nel seguito con gmiscela.

Tabella A.6

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Costipamento 75 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	S_{min}	kN	10	S_{min10}
Rigidezza 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	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,6 – 0,9	
Coefficiente di trazione indiretta[2] a 25 °C		CTI	MPa	≥ 50	
(*) UNI EN 12697 – 6 Procedura C.					

Tabella A.7

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo 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	$V10G_{min9}$
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 - 8	V	%	3 – 6	$V_{min3,0} – V_{max6}$
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 - 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,6 – 0,9	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 50	
(*) UNI EN 12697 – 6 Procedura C. (**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

[2] Coefficiente di trazione indiretta

$$CTI = \frac{\pi/2}{DRt/Dc}$$

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

2.5.2. 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.

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 i requisiti dichiarati dal produttore con controlli di accettazione a posteriori effettuati sulle miscele prelevate alla stesa e immediatamente costipate senza ulteriore riscaldamento.

Limitatamente alle caratteristiche volumetriche, i controlli di accettazione possono eventualmente essere effettuati anche con successivo riscaldamento del materiale prelevato alla stesa o ottenuto da carote, purché la quantità di materiale sia sufficiente e le temperature di costipamento siano adeguate all'indurimento subito dal bitume durante le fasi di confezione e stesa. Qualora sia necessario eseguire a posteriori anche prove meccaniche (Stabilità Marshall o Resistenza a trazione indiretta), i provini da sottoporre a tali prove saranno confezionati con gli aggregati ottenuti dalle carote miscelati con bitume nuovo simile a quello dichiarato.

Solo la comparazione tra i risultati di trazione indiretta ai fini della determinazione della sensibilità all'acqua può essere condotta su provini ottenuti mediante ulteriore riscaldamento.

2.5.3. 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.

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 massa.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 150°C e 170° C e quella del legante tra 150° C e 160° 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.

2.5.4. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione del tappeto di usura è necessario pulire e preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante.

La mano d'attacco deve essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche a rottura rapida con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C 55 B 3).

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella D1.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler.

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 secondo la SN 670461.

Il dosaggio consigliato di bitume residuo dell'emulsione bituminosa è di 0,30 kg/m2 nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m2 nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m2 nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata.

E' ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche diversamente diluite a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) ed il dosaggio siano gli stessi.

Tabella D.1

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	> 53	5
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	*3*
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		70 – 155	*3*
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	≤100	*3*
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 35	8

Il possesso dei requisiti dell'emulsione bituminosa 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.

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

2.5.5. 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.

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 dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i 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 140° C.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche di peso non inferiore a 8t e non superiore a 12 t.

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.

2.5.6. 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 gruppi di campioni; un gruppo viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Le prove saranno eseguite da Laboratorio indicato dal Committente.

Sul conglomerato sfuso prelevato in cantiere vengono determinati il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati e il contenuto di aggregati di natura ignea estrusiva (rocce vulcaniche: basalto,

trachite, leucitite) nella frazione grossa (UNI EN 932-3). Inoltre, sui provini compattati secondo UNI EN 12697-34 a 75 colpi per faccia sono determinate la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12) e la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, curando di scegliere posizioni rappresentative dell'insieme della pavimentazione, lontane da chiusini e altri elementi singolari che possano impedire il corretto esercizio dei mezzi costipanti.

Sulle carote vengono misurati gli spessori degli strati e determinati la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui e l'adesione tra gli strati mediante la procedura SN 670461, nonché, qualora il conglomerato sciolto non sia stato prelevato o non sia associabile con certezza alle carote: il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura ignea estrusiva nella frazione grossa (UNI EN 932-3) e, previo ricostipamento a temperatura adeguata del conglomerato ricavato dalle carote, anche la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

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:

% di detrazione = s + 0,2 s²

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

$$s = 100 \cdot \frac{s_{progetto} - s_{misurato} \times \dfrac{g_{carote}}{0.98 \times g_{miscela}}}{s_{progetto}}$$

gmiscela è la massa volumica di riferimento dei provini (Marshall a 75 colpi o pressa giratoria a 100 rotazioni) confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa o ottenuto dalle carote stesse. Per le posizioni nelle quali le carote sono prelevate ai soli fini della verifica dello spessore, la massa volumica di riferimento è quella ottenuta da altri prelievi prossimi o, in mancanza, quella determinata nello studio della miscela.

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.

La curva granulometrica non deve discostarsi da quella dichiarata nello studio della miscela (composizione tipica), con la tolleranza ± 5% sulle singole percentuali di passante ai setacci di apertura maggiore o uguale a 2 mm,
± 3% per i setacci 0,5 mm e 0,25 mm, ± 1,5% al setaccio 0,063 mm.

Scostamenti superiori alla tolleranza comportano la ripresentazione dello studio della miscela con l'assortimento granulometrico effettivamente posto in opera. In caso di mancato soddisfacimento dei requisiti indicati in tabella A.6 o tabella A.7, 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 nel contenuto di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 25 b²

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore dichiarato 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 aggregati di natura ignea estrusiva (rocce vulcaniche: basalto, trachite, leucitite) nella frazione grossa viene determinato in conformità alla UNI EN 932- 3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura ignea estrusiva inferiore a quella prevista (90% in massa) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 0,5 nc²

dove nc è la differenza tra 90 e la percentuale in massa dell'aggregato grosso di natura ignea estrusiva, trattenuto al setaccio ISO 4.0 mm.

La percentuale di aggregati frantumati nella frazione grossa viene determinata in conformità alla UNI EN 933-5. Per percentuale di aggregati frantumati inferiore a quella prevista (100% dell'aggregato grosso) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 0,5 nf²

dove nf è la differenza tra 100 e la percentuale in massa degli aggregati frantumati, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm.

Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta volta per volta la necessità di accertamenti a posteriori, e di conseguenza l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata 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:

% 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** della miscela sotto costipamento normalizzato vengono determinati secondo la UNI EN 12697-8 e la procedura C della UNI EN 12697-6. Per valori della percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.6, ovvero dei provini con pressa giratoria a 100 rotazioni eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.7, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 2e + e²

dove e è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti rispetto al valore indicato nelle tabelle A.6 o A.7 aumentato di due punti percentuali per l'incertezza di laboratorio.

Il **grado di addensamento** G% delle carote è pari a gcarota/gmiscela espresso in %, con gmiscela pari a quella misurata su provini del materiale prelevato in opera confezionati con compattazione a impatto (Marshall) con 75 colpi per faccia (C.1.3 di tab. C.1 della EN 13108–20), ovvero a quella corrispondente a 100 rotazioni di pressa giratoria (C.1.9 di tab. C.1 della EN 13108–20).

Per valori del grado di addensamento delle carote inferiore a G%limite viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 3 i + i³

dove i è l'insufficienza di addensamento i = (G%carote - G%limite %) con G%limite pari a 97 diminuito di un punto per l'incertezza di laboratorio se G%carote è ottenuta come media di almeno due determinazioni e diminuito di due punti se ottenuto da una sola determinazione e/o se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6%, o se particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato sono state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori di una delle due detrazioni (vuoti residui e grado di addensamento) superiori al 40% e/o valori della somma delle due superiore al 50%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Qualora non sia possibile valutare separatamente i vuoti residui della miscela e il grado di addensamento in opera, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 2 v + v²

dove v è l'eccedenza di vuoti residui in opera, determinati sulle carote, rispetto al valore fisso del 9%, comprensivo dell'errore di laboratorio, aumentato a 10% se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6% o quando particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato siano state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori della detrazione, così determinata, superiori al 40%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato 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 secondo la procedura della norma 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:

% 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.

Per l'eccesso nella quantità di legante, 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.

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

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Legante	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due per ogni cantiere	Caratteristiche compositive e volumetriche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due posizioni per ogni cantiere	Spessore previsto in progetto, massa volumica, % vuoti residui, adesione tra gli strati, ed eventualmente le prove previste sul conglomerato sfuso.

2.6. TAPPETO DI USURA A CALDO CON BITUME MODIFICATO

Il tappeto di usura a caldo con bitume modificato è un conglomerato bituminoso, dosato a peso o a volume, costituito da aggregati lapidei, bitume modificato con polimeri e additivi, contenente una quota di materiale proveniente da vecchie pavimentazioni (fresato) non superiore al 10% della massa totale.

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.

2.6.1. Materiali costituenti e loro qualificazione

2.6.1.1. Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo. Essi sono composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler, che può essere di additivazione o proveniente dalla frazione fina. Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali o riciclati, 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 diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1 e almeno il 90% sia di natura ignea estrusiva (basalto, trachite, leucitite).

Tabella A.1

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
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 (Dmax=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	-
Quantità di frantumato			%	≥70	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤5	f_5

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 (Ridgen)	UNI EN 1097-7	v	%	30-45	$v_{38/45}$
Aumento del punto di rammollimento della miscela filler/legante (Rapporto filler/legante = 1,5)	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	%	≥5	$\Delta_{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 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.

Qualora si impieghi conglomerato di recupero proveniente da vecchie pavimentazioni (riciclato o fresato), esso deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8, vagliato prima dell'impiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori al Dmax previsto per la miscela. La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare, che può essere di qualsiasi provenienza, va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

2.6.1.2. Legante

Il legante deve essere costituito da bitume modificato. 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 e i relativi metodi di prova sono indicati nella Tabella A.

Tabella A.4

BITUME MODIFICATO PmB 45-80/55				
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti Classe
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	-	0,1mm	45-80
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≥ 55
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	-	°C	≤ - 12
Viscosità dinamica a 160°C, g =10s^{-1}	UNI EN 13302	-	mPa·s	100-300
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	R_E	%	≥ 60
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 13399	-	°C	≤ 3
Valori dopo RTFOT	UNI EN12607-1			
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	-	%	≥ 60
Incremento del punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	≤ 8

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.

2.6.1.3. Additivi

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.

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

2.6.1.4. 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 determinare e dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate. La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere orientativamente una composizione granulometrica, determinata in conformità alla Norma UNI EN 12697-2, contenuta nel fuso riportato in Tabella A.5, AC12 se lo spessore finito previsto è compreso tra 4 e 6 cm, AC10 se di 3 cm, oppure AC8, su autorizzazione del direttore dei lavori, qualora si preveda che in alcuni punti della piattaforma si possano localmente raggiungere spessori inferiori a 3 cm.

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

Tabella A.5

COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA		TAPPETO AC12	TAPPETO AC10	TAPPETO AC8
Serie ISO	mm	% di passante	% di passante	% di passante
Setaccio	16.0	100	100	100
Setaccio	12.0	90 – 100	100	100
Setaccio	10.0	-	90 – 100	100
Setaccio	8.0	72 – 84	75 – 90	90 – 100
Setaccio	6.3	-	-	75 – 88
Setaccio	4	44 – 55	44 – 62	53 – 66
Setaccio	2	26 – 36	26 – 40	30 – 43
Setaccio	0.5	14 – 20	14 – 22	17 – 25
Setaccio	0.25	10 – 15	10 – 16	11 – 17
Setaccio	0.063	6 – 10	6 - 10	6 – 10
Contenuto di legante (%)		4.6 – 6.2	4.8 – 6.4	4.8 – 6.4

La quantità di legante di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo Marshall (metodo di prova UNI EN 12697-34) o con il metodo volumetrico (metodo di prova UNI EN 12697-31), in modo da ottenere i requisiti riportati in Tabella A.6 oppure in Tabella A.7.

La massa volumica della composizione tipica, costipata a 75 colpi per faccia o a 100 rotazioni di pressa giratoria è assunta come massa volumica di riferimento della miscela (UNI EN 12697 – 9) e indicata nel seguito con gmiscela.

Tabella A.6

METODO MARSHALL					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Costipamento 75 colpi x faccia					
Stabilità Marshall	UNI EN 12697 - 34	S_{min}	kN	10	S_{min10}
Rigidezza 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	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,8 – 1,4	
Coefficiente di trazione indiretta[2] a 25 °C		CTI	MPa	≥ 80	
(*) UNI EN 12697 – 6 Procedura C					

Tabella A.7

METODO VOLUMETRICO					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Condizioni di prova					
Angolo 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	$V10G_{min9}$
Vuoti a 100 rotazioni (*)	UNI EN 12697 – 8	V	%	3 – 6	$V_{min3,0} – V_{max6}$
Vuoti a 180 rotazioni	UNI EN 12697 – 8	V	%	≥ 2	
Sensibilità all'acqua	UNI EN 12697 - 12	ITSR	%	> 90	$ITSR_{90}$
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (**)	UNI EN 12697 - 23	ITS	MPa	0,8 – 1,4	
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C (**)		CTI	MPa	≥ 80	
(*) UNI EN 12697 – 6 Procedura C. (**) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria					

2.6.2. 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.

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 i requisiti dichiarati dal produttore con controlli di accettazione a posteriori effettuati sulle miscele prelevate alla stesa e immediatamente costipate senza ulteriore riscaldamento. Limitatamente alle caratteristiche volumetriche, i controlli di accettazione possono eventualmente essere effettuati anche con successivo riscaldamento del materiale prelevato alla stesa o ottenuto da carote, purché la quantità di materiale sia sufficiente e le temperature di costipamento siano adeguate all'indurimento subito dal bitume durante le fasi di confezione e stesa.

Qualora sia necessario eseguire a posteriori anche prove meccaniche (Stabilità Marshall o Resistenza a trazione indiretta), i provini da sottoporre a tali prove saranno confezionati con gli aggregati ottenuti dalle carote miscelati con bitume nuovo simile a quello dichiarato.

Solo la comparazione tra risultati di trazione indiretta ai fini della determinazione della sensibilità all'acqua può essere condotta su provini ottenuti mediante ulteriore riscaldamento.

2.6.3. 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 legante alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del legante 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 massa.

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 modificato 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.

2.6.4. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione del tappeto d'usura è necessario pulire e preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante.

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.

La mano d'attacco, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia o filler.

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 secondo la 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/m2 nel caso di nuove costruzioni (stesa del tappeto sopra il binder), di 0,35 kg/m2 nel caso di ricarica (stesa di tappeto su pavimentazione preesistente) di 0,40 kg/m2 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 bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C 69 BP 3) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella D1.

Il bitume modificato con polimeri steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate nella stessa Tabella D.1.

Tabella D.1

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
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	*4*
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
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*

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.

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

2.6.5. 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.

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 dall'impianto di confezione al cantiere di stesa deve avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i 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 stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

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

L'addensamento deve essere realizzato con rullo tandem a ruote metalliche di peso non inferiore a 8t e non superiore a 12 t.

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.

2.6.6. 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 gruppi di campioni; un gruppo viene utilizzato per i controlli, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive. Le prove saranno eseguite da Laboratorio indicato dal Committente. Sul conglomerato sfuso prelevato in cantiere vengono determinati il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati e il contenuto di aggregati di natura ignea estrusiva (rocce vulcaniche: basalto, trachite, leucitite) nella frazione grossa (UNI EN 932-3). Inoltre, sui provini compattati secondo UNI EN 12697-34 a 75 colpi per faccia sono determinate la percentuale dei vuoti residui (UNI EN 12697-8), la sensibilità all'acqua (UNI EN 12697 – 12) e la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleva delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato e la verifica degli spessori, curando di scegliere posizioni rappresentative dell'insieme della pavimentazione, lontane da chiusini e altri elementi singolari che possano impedire il corretto esercizio dei mezzi costipanti.

Sulle carote vengono misurati gli spessori degli strati e determinati la massa volumica, la percentuale dei vuoti residui e l'adesione tra gli strati mediante la procedura SN 670461, nonché, qualora il conglomerato sciolto non sia stato prelevato o non sia associabile con certezza alle carote: il contenuto di legante, la granulometria degli aggregati, il contenuto di aggregati di natura ignea estrusiva nella frazione grossa (UNI EN 932-3) e, previo ricostipamento a temperatura adeguata del conglomerato ricavato dalle carote, anche la massa volumica di riferimento gmiscela (UNI EN 12697-9).

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:

% di detrazione = s + 0,2 s²

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

$$s = 100 \cdot \frac{S_{progetto} - S_{misurato} \times \dfrac{g_{carota}}{0.98 \times g_{miscela}}}{S_{progetto}}$$

gmiscela è la massa volumica di riferimento dei provini (Marshall a 75 colpi o pressa giratoria a 100 rotazioni) confezionati con il conglomerato prelevato al momento della stesa o ottenuto dalle carote stesse. Per le posizioni nelle quali le carote sono prelevate ai soli fini della verifica dello spessore, la massa volumica di riferimento è quella ottenuta da altri prelievi prossimi o, in mancanza, quella determinata nello studio della miscela.

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.

La curva granulometrica non deve discostarsi da quella dichiarata nello studio della miscela (composizione tipica), con la tolleranza ± 5% sulle singole percentuali di passante ai setacci di apertura maggiore o uguale a 2 mm,
± 3% per i setacci 0,5 mm e 0,25 mm, ± 1,5% al setaccio 0,063 mm.

Scostamenti superiori alla tolleranza comportano la ripresentazione dello studio della miscela con l'assortimento granulometrico effettivamente posto in opera. In caso di mancato soddisfacimento dei requisiti indicati in tabella A.6 o tabella A.7, 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 nel contenuto di legante viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 25 b^2

dove b è il valore dello scostamento della percentuale di legante riscontrata (arrotondata allo 0,1%) dal valore dichiarato 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 aggregati di natura ignea estrusiva (rocce vulcaniche: basalto, trachite, leucitite) nella frazione grossa viene determinato in conformità alla UNI EN 932- 3. Per la presenza di una quantità di aggregati di natura ignea estrusiva inferiore a quella prevista (90% in massa) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 0,5 nc^2

dove nc è la differenza tra 90 e la percentuale in massa dell'aggregato grosso di natura ignea estrusiva, trattenuto al setaccio ISO 4.0 mm.

La percentuale di aggregati frantumati nella frazione grossa viene determinata in conformità alla UNI EN 933-5. Per percentuale di aggregati frantumati inferiore a quella prevista (100% dell'aggregato grosso) viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 0,5 nf^2

dove nf è la differenza tra 100 e la percentuale in massa degli aggregati frantumati, trattenuti al setaccio ISO 4.0 mm. Per eventuali altre caratteristiche degli aggregati non conformi a quelle richieste (rif. Tabella A.1) la Direzione Lavori valuta volta per volta la necessità di accertamenti a posteriori, e di conseguenza l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La **sensibilità all'acqua** viene determinata 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:

% 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** della miscela sotto costipamento normalizzato vengono determinati secondo la UNI EN 12697-8 e la procedura C della UNI EN 12697-6. Per valori della percentuale dei vuoti residui dei provini Marshall eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.6, ovvero dei provini con pressa giratoria a 100 rotazioni eccedenti il valore massimo previsto nella tabella A.7, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 2e + e^2

dove e è la media degli scostamenti (eccedenze) dei valori ottenuti rispetto al valore indicato nelle tabelle A.6 o A.7 aumentato di due punti percentuali per l'incertezza di laboratorio.

Il **grado di addensamento** G% delle carote è pari a gcarota/gmiscela espresso in %, con gmiscela pari a quella misurata su provini del materiale prelevato in opera confezionati con compattazione a impatto (Marshall) con
75 colpi per faccia (C.1.3 di tab. C.1 della EN 13108–20), ovvero a quella corrispondente a 100 rotazioni di pressa giratoria (C.1.9 di tab. C.1 della EN 13108–20).

Per valori del grado di addensamento delle carote inferiore a G%limite viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 3 i + i^3

dove i è l'insufficienza di addensamento i = (G%carote - G%limite %) con G%limite pari a 97 diminuito di un punto per l'incertezza di laboratorio se G%carote è ottenuta come media di almeno due determinazioni e diminuito di due punti se ottenuto da una sola determinazione e/o se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6%, o se particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato sono state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori di una delle due detrazioni (vuoti residui e grado di addensamento) superiori al 40% e/o valori della somma delle due superiore al 50%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Qualora non sia possibile valutare separatamente i vuoti residui della miscela e il grado di addensamento in opera, viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

% di detrazione = 2 v + v²

dove v è l'eccedenza di vuoti residui in opera, determinati sulle carote, rispetto al valore fisso del 9%, comprensivo dell'errore di laboratorio, aumentato a 10% se il tratto stradale ha pendenza superiore al 6% o quando particolari condizioni di irregolarità del piano di posa dello strato siano state accertate dalla Direzione Lavori e registrate durante l'esecuzione.

Per valori della detrazione, così determinata, superiori al 40%, la Direzione lavori valuta l'opportunità di far rimuovere e ricostruire lo strato 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 secondo la procedura della norma 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:

% di detrazione = t + 0,2 t²

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.

Per l'eccesso nella quantità di legante, 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.

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

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI DA CONTROLLARE
Usura	Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.1
Usura	Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.2
Usura	Filler	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.3
Usura	Legante	Cisterna	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.4
Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due per ogni cantiere	Caratteristiche compositive e volumetriche risultanti dallo studio della miscela, sensibilità all'acqua
Usura	Carote	Pavimentazione	Ogni 2000 m^2 di stesa o frazione, con un minimo di due posizioni per ogni cantiere	Spessore previsto in progetto, massa volumica, % vuoti residui, adesione tra gli strati, ed eventualmente le prove previste sul conglomerato sfuso.

3. *EMULSIONE BITUMINOSA PER MANO D'ATTACCO*

L'emulsione bituminosa impiegata per la realizzazione della mano d'attacco deve essere cationica e idonea all'utilizzo in conformità al Regolamento prodotti da costruzione (CPR 305/2011) e provvista di marcatura CE in conformità all'Allegato ZA della norma UNI EN 13808 secondo il sistema di valutazione e verifica della costanza della prestazione di livello 2+.

4. *FONDAZIONE STRADALE IN MISTO GRANULARE*

Il misto granulare è costituito da una miscela non legata di aggregati ottenuti mediante trattamento di materiali naturali, artificiali o riciclati. Il trattamento può eventualmente prevedere la miscelazione di frazioni granulometriche differenti. Nella sovrastruttura stradale il misto granulare è impiegato per la costruzione di strati di fondazione.

4.1 Aggregati

4.1.1 Generalità e provenienza

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242. I requisiti da dichiarare sono specificati nel seguito.

La designazione di ciascuna pezzatura dovrà contenere:

— dimensioni dell'aggregato;

— tipo di aggregato (composizione petrografica prevalente);

— località di provenienza, eventuale deposito e produttore.

L'aggregato può essere costituito da elementi di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella **Tabella A1**.

È possibile l'utilizzo dei materiali riciclati provenienti dalle demolizioni edilizie. In questo caso la descrizione delle miscele contenenti aggregati riciclati dovrà essere effettuata in conformità all'appendice A della norma UNI EN 13285.

Gli impianti di riciclaggio dovranno comunque rifornirsi di materiale da riciclare esclusivamente dal luogo di produzione o demolizione, ed è fatto divieto di rifornirsi da discariche di qualsiasi tipo.

4.1.2. Dimensioni e granulometria

La descrizione delle pezzature degli aggregati deve essere effettuata tramite la designazione d/D secondo quanto specificato dalla norma UNI EN 13242. È richiesto l'impiego degli stacci del gruppo base+2.

La granulometria delle pezzature deve soddisfare i requisiti generali specificati dalla norma UNI EN 13242 per aggregati grossi, aggregati fini ed aggregati in frazione unica.

4.1.3. Requisiti geometrici, fisici, chimici e di durabilità

Le proprietà degli aggregati utilizzati per il confezionamento della miscela dovranno essere conformi ai requisiti specificati in **Tabella A1**. Il possesso di tali requisiti sarà attestato dai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi agli ultimi sei mesi.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione tutti i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di **Tabella A1** non dichiarati nell'attestato di conformità CE, la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13242.

Tabella A1	**AGGREGATI**		
Parametro	**Metodo di prova**	**Valori richiesti**	**Categoria UNI EN 13242**
Dimensione massima (D)	UNI EN 933-1	≤31,5mm	
Coefficiente di appiattimento (FI)	UNI EN 933-3	≤35%	FI_{35}
Coefficiente di forma (SI)	UNI EN 933-4	≤35%	SI_{35}
Quantità di frantumato (C)	UNI EN 933-5	≥70%	$C_{70/NR}$
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	≥50%	
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2 §5	≤30%	LA_{30}
Resistenza all'urto (SZ)	UNI EN 1097-2 §6	≤32%	SZ_{32}
Sensibilità al gelo (F)	UNI EN 1367-2	≤1%	F_1
Limite liquido (w_L)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	≤15%	
Indice Plastico (w_P)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	np	
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1 §15.1	assente	
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3	assenti	
Coefficiente di dilazione con il gelo	SN 670 321	≤0,1%	
Rigonfiamento		Nullo	

4.2. Miscele

Saranno impiegate miscele la cui curva granulometrica sia specificata in conformità alla norma UNI EN 13285, con dimensione massima D = 31mm (designazione 0/31). Le proprietà delle miscele impiegate dovranno essere conformi ai requisiti specificati in **Tabella A2** e rientrare nel fuso granulometrico riportato in **Tabella A3**.

Tabella A2	**Requisiti delle miscele**		
Parametro	**Normativa**	**Valori richiesti**	**Categoria**
Designazione della miscela	UNI EN 13285	0/31	
Categoria granulometrica	UNI EN 13285		GO
Sopravaglio (Passante allo staccio D)	UNI EN 13285	da 85% a 99%	OC85
Contenuto massimo di fini	UNI EN 13285	≤ 5%	UF5
Contenuto minimo di fini	UNI EN 13285	≥ 2%	LF2

L'Impresa può proporre, in alternativa, l'impiego di miscele aventi categoria granulometrica diversa da quelle indicate in **Tabella A2**.

L'indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al setaccio UNI EN 20 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tali condizioni siano verificate per un intervallo di ±2% rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Tabella A3

UNI EN 903/1	mm	**FUSO D = 31mm** % Passante
Setaccio	80	
Setaccio	63	
Setaccio	45	100
Setaccio	31.5	85-99
Setaccio	16	50-78
Setaccio	8	31-60
Setaccio	4	18-46
Setaccio	2	10-35
Setaccio	1	6-26
Setaccio	0,5	2-20
Setaccio	0,063	2-5

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle 2 e 3 sarà verificato dalla Direzione Lavori esaminando le registrazioni del Controllo di Produzione di Fabbrica del produttore che dovranno essere consegnate 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 delle miscele dichiarati dal produttore.

4.3. Accettazione del materiale

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, uno studio comprendente almeno:

- la composizione dei misti granulari che intende adottare;
- gli attestati di conformità CE;
- le registrazioni del Controllo di Produzione di Fabbrica del produttore relative all'ultimo anno;
- qualora queste non fossero disponibili, la documentazione relativa alle prove iniziali di tipo;
- la determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2);
- la determinazione dell'indice di portanza CBR in condizioni di saturazione.

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso.

l'Impresa deve inoltre indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

4.4. Posa in opera del misto granulare

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 25cm e non inferiore a 10cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.
Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.
Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità o per effetto di danni dovuti al gelo, esso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.
Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi. Per ogni cantiere, l'idoneità dei mezzi d'opera e le modalità di costipamento devono essere, determinate, in contraddittorio con la Direzione Lavori, prima dell'esecuzione dei lavori, mediante una prova sperimentale di campo, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

4.5. Controlli

Il controllo della qualità dei misti granulari e della loro posa in opera, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che con prove sullo strato finito..

I controlli di accettazione sugli aggregati di cui al paragrafo A, saranno effettuati prima dell'inizio dei lavori e ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza dei materiali. Ogni 2 mesi l'impresa dovrà trasmettere alla Direzione Lavori la documentazione relativa al controllo di produzione di fabbrica. Con la medesima frequenza la Direzione Lavori potrà richiedere la ripetizione dei controlli di accettazione.

Nell'ambito dei controlli di accettazione la granulometria del misto granulare va verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito già miscelato, subito dopo avere effettuato il costipamento. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ±5 punti e di ±2 punti per l'aggregato fine. In ogni caso non devono essere superati i limiti relativi alla del fuso assegnato. L'equivalente in sabbia va verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

A compattazione ultimata la densità del secco in sito (γ_s), nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (DIN 18125-2 ovvero CNR 22/72).

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato, per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 20 % dell'importo dello strato, per densità in sito comprese tra 93 e 95 % del valore di riferimento.

Valori della densità del secco inferiori al 95% del valore di riferimento ($\gamma_{s,max}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il modulo di deformazione M_d ,determinato attraverso prova di carico con piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 MPa, deve essere non inferiore a 80 MPa (CNR 146/92).

Per valori medi del modulo M_d inferiori fino al 10%, rispetto ai valori di progetto, al misto granulare viene applicata una detrazione del 10% del prezzo; per carenze comprese tra il 10 ed il 20%, al misto granulare viene applicata una detrazione del 20% del prezzo.

Valori del modulo M_d inferiori a 65 MN/m^2 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati a mezzo di un regolo di 4m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

La verifica delle quote di progetto va eseguita con procedimento topografico, prevedendo in senso longitudinale un distanziamento massimo dei punti di misura non superiore a 20 metri nei tratti a curvatura costante e non superiore a 5 metri nei tratti a curvatura variabile, di variazione della pendenza trasversale. Nelle stesse sezioni dei controlli longitudinali di quota va verificata la sagoma trasversale, prevedendo almeno due misure per ogni parte a destra ed a sinistra dell'asse stradale.

Lo spessore medio deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché tale differenza si presenti solo saltuariamente.

Tabella B

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	**UBICAZIONE PRELIEVO**	**FREQUENZA PROVE**	**REQUISITI RICHIESTI**
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Riferimento Tabelle A.1
Aggregato fino	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi	Riferimento Tabelle A.2
Miscela	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 1.000 m^3 di stesa	Riferimento Tabelle A.3
Sagoma	Strato finito	Ogni 20m o ogni 5m	Sagoma prevista in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure ogni 5.000 m^2 di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito o Pavimentazione	Ogni 1.000 m^2 m di fascia stesa	$M_d \geq 80$ MPa

5. *FONDAZIONI IN MISTO CEMENTATO*

Il misto cementato sarà costituito da una miscela di aggregati lapidei (misto granulare) trattata con un legante idraulico (cemento). La miscela dovrà assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole anche in presenza di acqua o gelo. Gli aggregati e le loro miscele devono essere designati in conformità alle Norme UNI EN 13242 ed UNI EN 14227-5.

5.1 Aggregati

5.1.1 Generalità e provenienza

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242. I requisiti da dichiarare sono specificati nel seguito.

La designazione di ciascuna pezzatura dovrà contenere:

— dimensioni dell'aggregato;

— tipo di aggregato (composizione petrografica prevalente);

— località di provenienza, eventuale deposito e produttore.

L'aggregato può essere costituito da elementi di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle **Tabella A1**.

È possibile l'utilizzo dei materiali riciclati provenienti dalle demolizioni edilizie. In questo caso la descrizione delle miscele contenenti aggregati riciclati dovrà essere effettuata in conformità all'appendice A della norma UNI EN 13285.

Gli impianti di riciclaggio dovranno comunque rifornirsi di materiale da riciclare esclusivamente dal luogo di produzione o demolizione, ed è fatto divieto di rifornirsi da discariche di qualsiasi tipo.

5.1.2. Dimensioni e granulometria

La descrizione delle pezzature degli aggregati deve essere effettuata tramite la designazione d/D secondo quanto specificato dalla norma UNI EN 13242. È richiesto l'impiego degli stacci del gruppo base+2.

La granulometria delle pezzature deve soddisfare i requisiti generali specificati dalla norma UNI EN 13242 per aggregati grossi, aggregati fini ed aggregati in frazione unica.

5.1.3. Requisiti geometrici, fisici, chimici e di durabilità

Le proprietà degli aggregati utilizzati per il confezionamento della miscela dovranno essere conformi ai requisiti specificati in **Tabella A1**. Il possesso di tali requisiti sarà attestato mediante i valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione tutti i requisiti dichiarati dal produttore.

Per i requisiti di **Tabella A1** non dichiarati nell'attestato di conformità CE, la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. La qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13242.

Tabella A1	**AGGREGATI**		
Parametro	**Metodo di prova**	**Valori richiesti**	**Categoria UNI EN 13242**
Dimensione massima (D)	UNI EN 933-1	≤45mm	
Coefficiente di appiattimento (FI)	UNI EN 933-3	≤35%	FI_{35}
Coefficiente di forma (SI)	UNI EN 933-4	≤35%	SI_{35}
Quantità di frantumato (C)	UNI EN 933-5	≥70%	$C_{70/NR}$
Equivalente in sabbia (ES)	UNI EN 933-8	≥60%	
Resistenza alla frammentazione (LA)	UNI EN 1097-2 §5	≤30%	LA_{30}
Resistenza all'urto (SZ)	UNI EN 1097-2 §6	≤32%	SZ_{32}
Sensibilità al gelo (F)	UNI EN 1367-2	≤1%	F_1
Limite liquido (w_L)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	≤25%	
Indice Plastico (w_P)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	NP	
Contenuto di sostanza organica	UNI EN 1744-1 §15.1	assente	
Componenti idrosolubili	UNI EN 1744-3	assenti	
Coefficiente di dilazione con il gelo	SN 670 321	≤0,1%	

5.2. Cemento

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. Si potranno impiegare i seguenti tipi di cemento:

- tipo I (Portland);
- tipo II (Portland composito);
- tipo III (d'altoforno);
- tipo IV (pozzolanico);
- tipo V (composito).

Il contenuto di cemento della miscela sarà stabilito in base ad uno studio effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29.

5.3. Acqua

L'acqua 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 richiederà la verifica di idoneità ai sensi della norma UNI EN 1008.

Il contenuto d'acqua della miscela sarà stabilito in base ad uno studio effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29.

5.4. Additivi

È ammesso l'utilizzo di **additivi** conformi alla norma UNI EN 934-2. Il loro dosaggio sarà stabilito con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele.

5.5. Aggiunte

Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali.

È ammesso l'utilizzo di **ceneri volanti** conformi alla norma UNI EN 450, sia ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, sarà stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento indicato in prima istanza.

5.6. Miscele

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in **Tabella A.2**.

Tabella A.2

UNI EN 903/1	mm	*Fuso* Passanti (%)
Setaccio	40	100
Setaccio	31,5	90 – 100
Setaccio	16	56 – 85
Setaccio	8	35 – 67
Setaccio	4	23 – 53
Setaccio	2	14 – 40
Setaccio	1	10 – 28
Setaccio	0,5	6 –18
Setaccio	0,25	4 –12
Setaccio	0,125	2 – 6
Setaccio	0,063	2 – 5

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti, ed il contenuto d'acqua della miscela, saranno espressi come percentuale in peso rispetto al totale della miscela di aggregati. Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio effettuato con le modalità e le prove previste dal B.U. CNR N. 29. In alternativa la resistenza del materiale potrà essere valutata con i metodi descritta dalla norma UNI EN 14277-1. Le miscele adottate dovranno possedere i requisiti riportati nella **Tabella A.3**.

Tabella A.3

Parametro	*Normativa*	*Valore*
Resistenza a compressione a 7gg	UNI EN 13286-41	$2.5 \leq R_c \leq 4.5$ N/mm^2
Resistenza a trazione indiretta a 7gg (Prova Brasiliana)	UNI EN 13286-42	$R_t \geq 0.25$ N/mm^2

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm^2.

5.7. Accettazione delle miscele

L'Appaltatore è tenuto a trasmettere alla Direzione Lavori, con almeno 15 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, una documentazione riguardante il progetto le miscele che intende impiegare comprendente almeno:

- l'attestato di conformità CE delle pezzature di aggregato impiegate;
- i certificati di prova attestanti il possesso degli ulteriori requisiti di **Tabella A.1**;
- la granulometria delle miscele di aggregati studiate;
- la composizione delle miscele studiate (acqua, cemento, aggregato, additivi, aggiunte);
- i risultati delle prove meccaniche;

La Direzione Lavori potrà inoltre richiedere che anche le proprietà dichiarate negli attestati di conformità CE dei materiali siano comprovate dai risultati di prove effettuate da non più di un anno presso un Laboratorio Ufficiale o Autorizzato di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Una volta accettata, da parte della Direzione Lavori la composizione delle miscele, l'Appaltatore dovrà rigorosamente attenersi ad essa.

L'Appaltatore dovrà inoltre indicare le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

La documentazione presentata per l'accettazione delle miscele dovrà essere aggiornata in caso di variazione dei luoghi di provenienza e della natura petrografia dei materiali. Ogni 2 mesi l'Appaltatore dovrà trasmettere alla Direzione Lavori la documentazione relativa al Controllo di Produzione di Fabbrica delle pezzature di aggregato utilizzate. Con la medesima frequenza la Direzione Lavori potrà richiedere la ripetizione dei controlli sui materiali effettuati presso Laboratori Ufficiali o Autorizzati di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

5.8. Confezionamento delle miscele

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

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

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

5.9. Preparazione delle superfici di stesa

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa dev'essere corretta prima della stesa. Prima della stesa è inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

5.10. Posa in opera delle miscele

La miscela sarà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di questo ai requisiti prescritti. Ogni depressione, avvallamento o ormaia presente sul piano di posa deve essere corretta prima della stesa. E'inoltre necessario verificare che il piano di posa sia sufficientemente umido e, se necessario, provvedere alla sua bagnatura evitando tuttavia la formazione di una superficie fangosa.

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti.

Le operazioni di compattazione dello strato saranno realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. La stesa della miscela non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia.

Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante il trasporto che durante la stesa.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una cassaforma e togliendo la cassaforma al momento della ripresa della stesa. Se non si fa uso della cassaforma si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

5.11. Protezione superficiale dello strato finito

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1,0 kg/m^2 (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo.

Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se previste nella determinazione della resistenze raggiunta dal misto.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

5.12 Controlli

Il controllo della qualità dei misti cementati e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela prelevata allo stato fresco al momento della stesa, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni saranno effettuati i controlli della percentuale di cemento, della distribuzione granulometrica dell'aggregato; i valori misurati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori.

Sullo strato finito saranno effettuati i controlli dello spessore, della densità in sito e della portanza.

Lo spessore dello strato viene 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%.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante.

Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

A compattazione ultimata la densità in sito, nel 95% dei prelievi, non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della densità sono effettuate secondo la norma (DIN 18125-2 ovvero CNR 22/72).

Per valori di densità inferiori a quello previsto viene applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce:

- del 10 % dell'importo dello strato, per densità in sito comprese tra 95 e 98 % del valore di riferimento;
- del 20 % dell'importo dello strato, per densità in sito comprese tra 93 e 95 % del valore di riferimento.

Valori della densità inferiori al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio sulla miscela di progetto con energia di costipamento Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Il modulo di deformazione M_d ,determinato attraverso prova di carico con piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 MPa, tra 3 e 12 ore dalla compattazione deve essere non inferiore a 150 MPa (CNR 146/92).

Per valori medi del modulo M_d inferiori fino al 10%, rispetto ai valori di progetto, al misto cementato viene applicata una detrazione del 10% del prezzo.

Per carenze comprese tra il 10 ed il 20%, al misto cementato viene applicata una detrazione del 20% del prezzo.

Valori del modulo M_d inferiori a 120 MN/m^2 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Tabella B

Controllo dei materiali e verifica prestazionale			
TIPO DI CAMPIONE	**UBICAZIONE PRELIEVO**	**FREQUENZA PROVE**	**REQUISITI RICHIESTI**
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.1
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure Ogni 2500 m^3 di stesa	Riferimento Tabella A.1
Acqua	Impianto	Iniziale	Paragrafo 5.3
Cemento	Impianto	Iniziale	Paragrafo 5.2
Aggiunte	Impianto	Iniziale	Paragrafo 5.5
Misto cementato fresco	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure Ogni 5.000 m^2 di stesa	Curva granulometrica di progetto; contenuto di cemento
Carote per spessori	Strato finito	Ogni 100m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Strato finito (densità in sito)	Strato finito	Giornaliera oppure Ogni 5.000 m^2 di stesa	98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Strato finito	Ogni 100 m di fascia stesa	$M_d \geq 150$ MPa