

# COMUNE DI FANO

PROVINCIA DI PESARO E URBINO  
SETTORE 5°- LAVORI PUBBLICI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO  
Ing. Ilenia Santini

**PROGETTO INTEGRATO CICLOVIA ADRIATICA  
ITINERARIO CICLABILE FANO MAROTTA SENIGALLIA**

LAVORI DI: **REALIZZAZIONE CICLOVIA ADRIATICA TRATTO DI FANO VIA  
FAA DI BRUNO DAL CIVICO 177A AL CIVICO 95D**

IMPORTO: **€ 1.100.000,00**

PROGETTO ESECUTIVO

## CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

ELABORAZIONE: **SETT. LL. PP. –**

Progettista Architettonico: Arch. Mariangela Giommi - Arch. Michele  
Adelizzi

Collaboratore : Geom. Giovanni Serafini

DATA PROGETTO ottobre 2019

Codice elaborato  
**2.5**

# INDICE GENERALE

## *PARTE PRIMA*

<i>Articolo</i>	<i>Oggetto</i>	<i>Pagina</i>
Art. 1	OGGETTO DELL'APPALTO	4
Art. 2	CONDIZIONI GENERALI	4
Art. 3	AMMONTARE DELL'APPALTO	5
Art. 4	DESCRIZIONE DEI LAVORI E MODALITÀ DI AFFIDAMENTO	5
Art. 5	PREZZO CHIUSO	7
Art. 6	DICHIARAZIONE RELATIVA AI PREZZI	7
Art. 7	NUOVI PREZZI	7
Art. 8	LAVORI IN ECONOMIA	7
Art. 9	RESPONSABILE DEI LAVORI	8
Art. 10	PIANI DI SICUREZZA E COORDINAMENTO	8
Art. 11	CONSEGNA DEI LAVORI IN VIA D'URGENZA	8
Art. 12	SUBAPPALTO	9
Art. 13	RESPONSABILITÀ IN MATERIA DI SUBAPPALTO	9
Art. 14	VALUTAZIONE DEI LAVORI - CONDIZIONI GENERALI	9
Art. 15	MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI A MISURA	9

## *PARTE SECONDA*

<i>Articolo</i>	<i>Oggetto</i>	<i>Pagina</i>
Art. 16	MODO DI ESECUZIONE DEI LAVORI – DIFETTI DI COSTRUZIONE	10
Art. 17	OBBLIGHI SPECIALI A CARICO DELL'APPALTATORE	10
Art. 18	APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI – CUSTODIA DEI CANTIERI	10
Art. 19	MATERIALI IN GENERE	12
Art. 20	RIFACIMENTO DEI DANNI ALLE CONDUTTURE	14
Art. 21	PRESCRIZIONI TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI	15
Art. 22	TRACCIAMENTI	15
Art. 23	PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEL RILEVATO STRADALE O DELLA FONDAZIONE STRADALE	

	IN TRINCEA		15
Art. 24	RILEVATI		16
Art. 25	COSTRUZIONE DEL RILEVATO		17
Art. 26	SCAVI		18
Art. 27	DEMOLIZIONI E RIMOZIONI		20
Art. 28	FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE		21
Art. 29	MISTO GRANULARE STABILIZZATO PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE		24
Art. 30	DRENAGGI CON FILTRO IN TESSUTO “NON TESSUTO”	26	
Art. 31	CONGLOMERATI BITUMINOSI RICICLATI A FREDDO PER LA FORMAZIONE DI STRATI DI BASE	27	
Art. 32	CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO BINDER TRADIZIONALE A CALDO		33
Art. 33	CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO BINDER A CALDO CON BITUME MODIFICATO		42
Art. 34	CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO BINDER RICICLATO A CALDO		51
Art. 35	TAPPETO DI USURA TRADIZIONALE A CALDO DI 1^ CATEGORIA		61
Art. 36	TAPPETO DI USURA A CALDO DI 1^ CATEGORIA CON BITUME MODIFICATO		71
Art. 37	TAPPETO DI USURA PIGMENTATO PER PAVIMENTAZIONI SPECIALI		81
Art. 38	MICROTAPPETI A FREDDO TIPO “SLURRY-SEAL” (MACRO-SEAL)		90
Art. 39	TRATTAMENTO SUPERFICIALE BITUMINOSO A FREDDO		93
Art. 40	PAVIMENTAZIONE DI STRADE STERRATE IN 3 MANI	94	
Art. 41	GEOCOMPOSITO	94	
Art. 42	CORDONATA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO	95	
Art. 43	SISTEMAZIONE CON TERRENO DELLE AIUOLE SPARTITRAFFICO		96
Art. 44	PIETRAME E CIOTTOLAME PER DRENAGGI IN OPERA	96	
Art. 45	MALTE E CONGLOMERATI		96
Art. 46	PAVIMENTAZIONE IN CUBETTI DI PIETRA	96	
Art. 47	SPECIFICHE TECNICHE RELATIVE ALLA CONFORMITÀ DELLA SEGNALETICA VERTICALE ED ORIZZONTALE	97	
Art. 48	NORME PER LA MISURAZIONE DEI LAVORI A MISURA	98	

# **PARTE PRIMA**

## **(Descrizione delle lavorazioni)**

### ***Art. 01 - OGGETTO DELL'APPALTO***

L'appalto ha per oggetto l'esecuzione delle opere, prestazioni e somministrazioni occorrenti per i lavori di bitumatura, risanamento, conservazione, sistemazione delle strade comunali e realizzazione percorsi pedonali e ciclabili.

L'intervento può riguarda la realizzazione di tratti di percorsi ciclopeditoni e manutenzione stradale nella zona di Ponte Sasso del Comune di Fano.

Tutte le opere insistono su terreno pubblico di proprietà comunale. Non sono previsti interventi di esproprio.

### ***Art. 02 - CONDIZIONI GENERALI***

L'appalto, oltre che dal presente Capitolato Speciale d'Appalto, in tutto ciò che non sia in contrasto con quanto espresso nel Capitolato Speciale d'Appalto stesso, è disciplinato:

- dal Decreto del Ministero LL.PP. 19 aprile 2000, n. 145 "Regolamento recante il Capitolato Generale d'Appalto dei Lavori Pubblici" e ss.mm.ii.;
- dagli articoli vigenti della Legge 20 marzo 1865 n. 2248 allegato "F" sulle opere pubbliche;
- dal Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 "Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture";
- dal D.P.R. 5 Ottobre 2010, n.207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE." e ss.mm.ii.;
- dall'art. 18 della Legge 19 marzo 1990 n. 55;
- dalla L. R. n. 49/92 come modificata dalla L. R. n. 25/95;
- dalle norme U.N.I., C.N.R., C.E.I. e tutta la normativa specifica in materia.

L'Appaltatore si intende inoltre obbligato all'osservanza delle Norme dell'Associazione Elettrotecnica Italiana (A.E.I.) e dal Comitato Elettrotecnico Italiano (C.E.I.) e dall'A.S.U.R. per la prevenzione infortuni, per quanto riguarda linee ed apparecchiature elettriche ed impianti telefonici. Per quanto riguarda l'impiego di materiali da costruzione per i quali non si abbiano norme ufficiali, l'Appaltatore - su richiesta della Direzione dei Lavori - è tenuto all'osservanza delle norme che pur non avendo carattere ufficiale, fossero raccomandate dai competenti organi tecnici.

L'osservanza di tutte le norme prescritte si intende estesa a tutte le leggi, decreti, disposizioni, ecc. che potranno essere emanate durante l'esecuzione dei lavori e riguardino l'accettazione e l'impiego dei materiali da costruzione e quant'altro attinente ai lavori.

La sottoscrizione del contratto e dei suoi allegati da parte dell'Appaltatore equivale a dichiarazione di perfetta regola d'arte.

In particolare, l'Appaltatore, con la firma del contratto, accetta espressamente, a norma degli articoli 1341 e 1342 del Codice Civile, le clausole tutte contenute nelle suddette disposizioni di legge e regolamenti del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

### ***Art. 03 - AMMONTARE DELL'APPALTO***

L'importo complessivo dell'appalto ammonta a € **788.476,03** (euro settecentoottantottoquattrocentosettantasei/03), come risulta dal seguente quadro economico:

	Lavori a base d'asta			
1	Lavori	€ 783.976,03		
2	A detrarre oneri della sicurezza inclusi nei prezzi	-€ 15.679,52		
3	Totale lavori a base d'asta	€ 768.296,51		
	Lavori non soggetti a ribasso d'asta			
4	lavori in economia	€ 4.500,00		
5	sommano oneri della sicurezza inclusi nei prezzi	€ 15.679,52		
6	Totale lavori non soggetti a ribasso d'asta	€ 20.179,52		
7	Importo totale appalto		€ 788.476,03	€ 788.476,03

Il contratto è stipulato “a misura ” ai sensi dell'art. 3. comma 1 lett. e) D.lgs 18 aprile 2016, n. 50 e dell'articolo 43, comma 7 del D.P.R. 207/2010.

L'importo del contratto può variare, in aumento o in diminuzione, in base alle quantità effettivamente eseguite, fermi restando i limiti delle varianti in corso d'opera in base al D.Lgs. 50 del 18/04/16 e le condizioni previste nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.

Il ribasso percentuale offerto dall'aggiudicatario in sede di gara si intende offerto e applicato a tutti i prezzi unitari in elenco i quali, così ribassati, costituiscono i prezzi contrattuali da applicare alle singole quantità eseguite.

### ***Art. 04 - DESCRIZIONE DEI LAVORI E MODALITÀ DI AFFIDAMENTO***

TRATTO A – via Faa di Bruno dal civico 95 al civico 148.

Nel tratto A l'intervento previsto nel presente progetto riguarda principalmente la realizzazione delle seguenti opere:

il percorso ciclopedonale lungo Via Emilio Faa di Bruno, lato mare, di lunghezza complessiva di circa 860 metri, ricavato nella sede stradale esistente e rialzato di 10-15 cm., che comprende una zona riservata al traffico ciclabile a doppio senso di marcia di larghezza pari a m 3 e una zona riservata ai pedoni di larghezza che varia da m 1,5 a m. 1,2.

l' adeguamento dell'impianto di smaltimento delle acque meteoriche;

la ridefinizione della segnaletica stradale sia orizzontale che verticale.

Le corsie stradali avranno dimensioni minime di 3,50 m lungo lo sviluppo di Via Faa di Bruno dal confine col Comune di Mondolfo al numero civico 148.

In accordo con il Comune di Mondolfo la circolazione stradale è prevista a senso unico con direzione sud-nord.

Il percorso ciclabile, pensato rialzato rispetto alla quota stradale di 15 cm, è ricavato sulla sede stradale esistente. Per la pubblica illuminazione si utilizzerà l'impianto già presente, che illumina tutta la sede stradale.

TRATTO B– via Faa di Bruno dal civico 161 al civico 177.

Nel tratto B l'intervento previsto nel presente progetto riguarda principalmente:

la realizzazione di un'area ciclopedonale di lunghezza pari a circa 203 metri e larghezza media di circa 6,30 m. mediante la realizzazione di piattaforma stradale unica, percorribile da pedoni e ciclisti e riservata al traffico veicolare solamente per l'accesso ai garage privati e per il scarico e lo scarico;

l'adeguamento dell'impianto di smaltimento delle acque meteoriche;  
la ridefinizione della segnaletica stradale sia orizzontale che verticale.

La lunghezza complessiva del percorso (tratto A+B) è di circa 1080 metri.

Non sono previsti stalli per la sosta lungo la carreggiata, e si prevede anche il risanamento di una parte delle banchine stradali.

Il percorso ciclopedonale rialzato del tratto A sarà realizzato mediante la realizzazione di una soletta armata sulla quale andrà realizzata una pavimentazione "ecologica" in conglomerato composto da miscela di inerti selezionati calcarei e basaltici, cemento, ossidi color sabbia da stendere mediante vibrofinitrice e con spessore medio di 4 mm.

La zona ciclopedonale del tratto B sarà invece realizzata con una pavimentazione in asfalto drenante intasato con boiaccia di cemento, dello stesso colore del percorso ciclopedonale rialzato.

Nel tratto B si è scelto di realizzare la pavimentazione in asfalto intasato di cemento perché tale materiale è molto resistente al traffico veicolare, resiste molto bene anche alla presenza di acqua salmastra e può fungere anche da consolidamento della pavimentazione in asfalto esistente.

Per favorire il corretto deflusso e smaltimento delle acque meteoriche sono stati previsti tutti gli adeguamenti all'impianto fognario, mediante lo spostamento delle caditoie esistenti e/o la posa di nuove caditoie stradali ed i relativi allacci alla condotta fognaria principale; per questa parte del progetto si rimanda alla relazione specialistica.

Per quanto riguarda la pubblica illuminazione invece si intende utilizzare quella già esistente, che illumina tutta la sezione stradale.

**Ai** fini dell'idonea sicurezza della circolazione si è ritenuto opportuno il rifacimento della segnaletica stradale orizzontale e verticale sia su strada che sul percorso ciclopedonale.

Il contenuto dei documenti di progetto è ritenuto idoneo a consentire all'Appaltatore di valutare esattamente e compiutamente i lavori da eseguire.

Devono comunque ritenersi compresi tutti quei lavori che, pur non espressamente indicati nella descrizione delle modalità esecutive delle singole lavorazioni, risultino comunque necessari per dare le lavorazioni stesse finite a perfetta regola d'arte e l'opera realizzata a perfetta regola d'arte e funzionante.

Le modalità dell'appalto verranno successivamente definite con apposita Determina a Contrarre, in base a quanto previsto dall'art. 192 del Decreto Legislativo 18 agosto 2000 n. 267 "Testo unico delle leggi sull'ordinamento degli enti locali".

I lavori, per i quali vige l'obbligo di esecuzione da parte di installatori aventi i requisiti di cui alla legge n. 17 del 26 febbraio 2007 e al relativo regolamento approvato con D.M. n. 37 del 22 gennaio 2008, devono essere realizzati dall'appaltatore solo se in possesso dei predetti requisiti; in caso contrario essi devono essere obbligatoriamente indicati in sede di gara come da subappaltare e realizzati da un'impresa subappaltatrice qualificata.

### **Art. 05 – PREZZO CHIUSO**

Non sono ammesse revisioni dei prezzi e non si applica il primo comma dell'art. 1664 del Codice civile, salvo quanto previsto all'art. 106 del D.Lgs. n. 50 del 18/04/2016.

### ***Art. 06 – DICHIARAZIONE RELATIVA AI PREZZI***

L'Amministrazione Appaltante ritiene in via assoluta che l'Appaltatore, prima di aderire all'appalto, abbia diligentemente visitato la località e si sia reso esatto conto dei lavori da eseguire, del luogo, come e dove si possa provvedere d'acqua e di energia elettrica, delle distanze, dei mezzi di trasporto e di ogni cosa che possa occorrere per dare i lavori tutti eseguiti a regola d'arte, e secondo le prescrizioni del presente Capitolato Speciale d'Appalto.

Di conseguenza i prezzi di cui all'elenco prezzi unitari del progetto, al netto del ribasso offerto dall'Impresa Appaltatrice al netto degli oneri relativi all'attuazione dei piani di sicurezza, sotto le condizioni tutte del contratto e del presente Capitolato Speciale d'Appalto, si intendono senza restrizione alcuna, accettati dall'Appaltatore come remunerativi di ogni spesa generale e particolare e sono invariabili per tutta la durata dell'appalto.

I prezzi comprendono:

- a) per i materiali: ogni spesa per la fornitura, trasporto, cali, perdite, sprechi, ecc. nessuna eccettuata, per darli pronti all'impiego a piè d'opera;
- b) per gli operai: ogni spesa per fornire i medesimi di attrezzi e utensili del mestiere; nonché, quelle per assicurazioni sociali, per infortuni, ed ogni altro onere ed indennità fissate dalle tariffe vigenti;
- c) per i noli: ogni spesa per dare a piè d'opera i macchinari e mezzi d'opera pronti al loro uso, come ogni accessorio, comprensivi delle mercedi dovute ai rispettivi conducenti;
- d) per i lavori a misura ed a corpo: tutte le spese per mezzi d'opera, assicurazioni di ogni specie; tutte le forniture occorrenti e loro lavorazione ed impiego, indennità di passaggi, di depositi di cantiere, di occupazioni temporanee e diverse; mezzi d'opera provvisori, nessuna esclusa, carichi, trasporti e scarichi in ascesa o discesa, ecc., e quanto occorre per dare il lavoro compiuto a perfetta regola d'arte, intendendosi nei prezzi stessi compreso ogni compenso per gli oneri tutti che l'Impresa Appaltatrice dovrà sostenere a tale scopo, anche se non esplicitamente detti o richiamati nei vari articoli e nell'elenco prezzi unitari.

### ***Art. 07 – NUOVI PREZZI***

Quando sia necessario eseguire una lavorazione non prevista nel contratto d'appalto o modificarne una esistente o quando sia necessario adoperare materiali di specie diversa o proveniente da luoghi diversi da quelli previsti dal contratto, si procederà in conformità dell'art. 163 del D.P.R. 207/2010.

### ***Art. 08 – LAVORI IN ECONOMIA***

L'Appaltatore è tenuto ad eseguire in economia quei lavori, ricadenti in una delle tipologie di cui all'art. 36, comma 2 lett. a) del D.Lgs n. 50/2016, che per l'esigua entità e per specialità di esecuzione non sono valutabili a misura.

La valutazione dei lavori in economia si effettua sulla base delle disposizioni di cui all'art. 179 e 203 del D.P.R. 207/2010. In particolare dovranno essere compilate apposite Liste Settimanali, sui modelli forniti dall'Amministrazione Comunale, dove si indicano le giornate degli operai, i noli, i mezzi d'opera nonché le provviste per la realizzazione delle opere da seguire in economia. Le liste andranno consegnate in originale o in copia al Responsabile del procedimento secondo scadenze che verranno determinate dallo stesso all'inizio dei lavori. I lavori in economia sono inseriti nella contabilità secondo i prezzi di elenco per l'importo delle somministrazioni al netto del ribasso d'asta, per quanto riguarda i materiali. Per la mano d'opera, trasporti e noli, sono liquidati secondo le tariffe locali vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori incrementati di spese generali (15%) ed utili (10%) e con applicazione del ribasso d'asta esclusivamente su questi ultimi due addendi.

I prezzi della mano d'opera, dei noli, dei trasporti e dei materiali saranno quelli desunti dalle tariffe in vigore nella Provincia di Pesaro e Urbino all'epoca della prestazione (TABELLE C.C.I.A.A.).

### ***Art. 09 – RESPONSABILE DEI LAVORI***

Il Responsabile del Procedimento assume, ai sensi dell'art. 10 comma 2 del D.P.R. n. 207/2010, il ruolo di Responsabile dei Lavori, ai fini del rispetto delle norme di sicurezza sulla salute dei lavoratori sul luogo del lavoro.

### ***Art. 10 – PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO***

Il lavoro di cui al presente appalto sono solo parzialmente soggetti all'applicazione del D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008 "Testo Unico della Sicurezza" e successive modificazioni.

Il responsabile dei lavori si attiene alle misure generali di tutela di cui all'art. 15 del D.Lgs. 81/2008 e successive modificazioni.

L'appaltatore è comunque obbligato ad adottare le misure conformi alle prescrizioni di cui all'allegato XV del D.Lgs. 81/2008 e successive modificazioni ed è tenuto a consegnare all'Amministrazione appaltante entro 30 giorni dall'aggiudicazione, e comunque prima della consegna dei lavori, nei casi di consegna anticipata in pendenza del contratto, la seguente documentazione:

- il piano di sicurezza sostitutivo del piano di sicurezza e coordinamento, con i contenuti di cui all'allegato XV del D.Lgs., 81/2008;

- il piano operativo di sicurezza di cui all'art. 89 comma 1 lettera h del D.Lgs., 81/2008.

Nel caso, nel corso dell'esecuzione dei lavori vi siano le condizioni riconducibili all'applicazione dell'art. 90 comma 3 del D.Lgs. 81/2008, il Responsabile dei Lavori si atterrà alle disposizioni dello stesso articolo 90 commi 4-5. Prima dell'inizio dei lavori l'impresa appaltatrice deve comunicare al Responsabile dei Lavori il nominativo del "Preposto" (art. 2 comma 1 lett. e) del D.Lgs. 81/2008.

L'appaltatore, tramite il "Preposto", è tenuto a vigilare sull'osservanza del piano di sicurezza sostitutivo del piano di sicurezza e coordinamento da parte della propria impresa. Prima dell'inizio dei rispettivi lavori, ciascuna impresa esecutrice trasmette il proprio piano operativo di sicurezza all'impresa affidataria, la quale, previa verifica della congruenza e della compatibilità rispetto al proprio, lo trasmette al coordinatore della sicurezza per l'esecuzione.

L'impresa dovrà inoltre attenersi a quanto previsto dal D.U.V.R.I. predisposto dalla stazione appaltante ai sensi dell'art. 26 del D.Lgs. 81/2008 e allegato al contratto.

L'ufficio della direzione dei lavori, costituito ai sensi dell'art. 101 comma 2 del D.Lgs. n° 50/2016, è preposto alla direzione ed al controllo tecnico, contabile ed amministrativo dell'esecuzione del presente appalto secondo le vigenti disposizioni di legge e nel rispetto degli impegni contrattuali.

### ***Art. 11 – CONSEGNA DEI LAVORI IN VIA D'URGENZA***

Qualora via siano ragioni d'urgenza, previa autorizzazione del Responsabile del Procedimento, il Direttore dei Lavori potrà effettuare la consegna dei lavori anche subito dopo l'aggiudicazione o prima della stipulazione del contratto, ai sensi dell'art. 132, comma 8 del D.Lgs. n. 50/2016 e con le riserve di cui all'art. 3, comma 1 del D.Lgs. 08/08/1994 n. 490 e ss.mm.ii. in materia di antimafia.

Il tempo utile massimo per dare completamente ultimati tutti i lavori oggetto del presente Capitolato, resta fissato in giorni 60 (sessanta) naturali e consecutivi decorrenti dalla data del verbale di consegna dei lavori

### ***Art. 12 - SUBAPPALTO***

L'affidamento in subappalto o in cottimo è sottoposto alle condizioni di cui all'art. 18, comma 3 e comma 9 della L. n. 55/90 e secondo le disposizioni di cui all'art. 105 del D.Lgs. 50/2016.



Il subappalto è il contratto con il quale l'appaltatore affida a terzi l'esecuzione di parte delle prestazioni o lavorazioni oggetto del contratto di appalto. Costituisce comunque subappalto qualsiasi contratto avente ad oggetto attività del contratto di appalto ovunque espletate che richiedono l'impiego di manodopera.

Non costituiscono comunque subappalto le forniture senza prestazione di manodopera, le forniture con posa in opera e i noli a caldo, se singolarmente di importo inferiore al 2% dell'importo delle prestazioni affidate o di importo inferiore a € 100.000,00 e qualora l'incidenza del costo della manodopera e del personale non sia superiore al 50% dell'importo del contratto da affidare.

### ***Art. 13 – RESPONSABILITÀ IN MATERIA DI SUBAPPALTO***

L'appaltatore resta in ogni caso responsabile nei confronti della Stazione appaltante per l'esecuzione delle opere oggetto di subappalto, sollevando la Stazione appaltante medesima da ogni pretesa dei subappaltatori o da richieste di risarcimento danni avanzate da terzi in conseguenza all'esecuzione di lavori subappaltati.

Il direttore dei lavori e il responsabile del procedimento, nonché il coordinatore per l'esecuzione in materia di sicurezza di cui agli artt. 90, 91, 92 e 93 del D.Lgs 81/2008, provvedono a verificare, ognuno per la propria competenza, il rispetto di tutte le condizioni di ammissibilità e del subappalto. Il subappalto non autorizzato comporta le sanzioni penali previste dal Decreto Legge 29 aprile 1995, n. 139, convertito dalla legge 28 giugno 1995, n. 246 (ammenda fino a un terzo dell'importo dell'appalto, arresto da sei mesi ad un anno).

### ***Art. 14 - VALUTAZIONE DEI LAVORI - CONDIZIONI GENERALI***

Nei prezzi contrattuali sono compresi tutti gli oneri ed obblighi richiamati nel presente Capitolato Speciale d'Appalto e negli altri atti contrattuali.

Devono, comunque, intendersi comprese nei prezzi di elenco contrattuali anche tutte quei lavori di dettaglio che, pur non espressamente indicati nelle singole voci di elenco prezzi risultino comunque necessari per l'esecuzione delle lavorazioni stesse a perfetta regola d'arte e nel rispetto delle vigenti norme tecniche cui sono soggette, senza che l'Appaltatore possa avanzare al riguardo alcuna pretesa di carattere economico.

### ***Art. 15 - MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI A MISURA***

La contabilizzazione dei lavori a misura si effettua in base alle disposizioni contenute nell'art. 185 del D.P.R. n. 207/2010.

La misurazione dei lavori a misura verrà effettuata dal Direttore dei Lavori o da chi per esso, alla presenza dell'Appaltatore; se questi si rifiuta di presenziare alle misure, il Direttore dei Lavori procede alla presenza di due testimoni, i quali devono firmare i libretti delle misure.

Le misure saranno valutate con metodi geometrici od a numero o anche a peso, ove è possibile ed a seconda dei casi, o si eseguiranno quelle regole pratiche che presentano la maggiore veridicità.

La valutazione di tutte le opere verrà effettuata applicando alle singole quantità i relativi prezzi unitari dell'elenco di cui all'art. 6 della Parte Prima del presente Capitolato Speciale d'Appalto, nei quali s'intende compreso e compensato, senza eccezione alcuna, ogni onere per dare ultimato il lavoro a perfetta regola d'arte sotto le condizioni stabilite dal presente Capitolato Speciale d'Appalto e dagli elaborati progettuali, e secondo le modalità di esecuzione prescritte in ogni voce di elenco stessa.

## **PARTE SECONDA**

### ***(Specificazione delle prescrizioni tecniche)***

#### **Art. 16 - MODO DI ESECUZIONE DEI LAVORI – DIFETTI DI COSTRUZIONE**

In linea generale l'Appaltatore avrà la facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine indicato nel verbale di consegna, purché la Direzione dei Lavori non ritenga la scelta pregiudizievole alla buona riuscita delle opere ed agli interessi dell'Ente Appaltante.

La Direzione dei Lavori si riserva il diritto di stabilire l'esecuzione di un determinato lavoro entro un congruo termine perentorio o di disporre l'ordine di esecuzione del lavoro nel modo che riterrà più conveniente, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di particolari compensi.

Nell'esecuzione dei lavori l'Appaltatore si atterrà alle migliori regole dell'arte, alle norme contrattuali ed alle disposizioni che gli venissero date per iscritto dalla Direzione dei Lavori.

Non verranno accreditati i lavori che, nella qualità o nella quantità o nel modo di esecuzione, non fossero conformi alle succitate prescrizioni.

Durante l'esecuzione dei lavori l'Appaltatore curerà la conservazione degli elementi occorrenti per riconoscere l'opera all'epoca del collaudo, la natura e la quantità del lavoro eseguito.

In caso di motivati dubbi sulla regolare esecuzione delle opere, il Direttore dei Lavori potrà esigere quegli assaggi, prove, brecce o demolizioni necessari per le verifiche nonché le conseguenti ricostruzioni, a totale spese dell'Appaltatore.

In presenza di difetti di costruzione ed esecuzione accertati dal Direttore dei Lavori, si procederà ai sensi degli artt. 18 e 19 del Capitolato Generale d'Appalto.

#### **Art. 17 - OBBLIGHI SPECIALI A CARICO DELL'APPALTATORE**

L'Appaltatore è obbligato ai tracciamenti e ai riconfinamenti, nonché alla conservazione dei termini di confine, così come consegnati dalla Direzione Lavori, su supporto cartografico o magnetico-informatico.

L'Appaltatore deve rimuovere gli eventuali picchetti e confini esistenti nel minor numero possibile e limitatamente alle necessità di esecuzione dei lavori.

Prima dell'ultimazione dei lavori stessi, e comunque a semplice richiesta della Direzione Lavori, l'Appaltatore deve ripristinare tutti i confini e i picchetti di segnalazione, nelle posizioni inizialmente consegnate dalla stessa Direzione Lavori.

L'Appaltatore deve produrre alla Direzione dei Lavori un'adeguata documentazione fotografica relativa alle lavorazioni di particolare complessità, o non più ispezionabili o non più verificabili dopo la loro esecuzione, ovvero a richiesta della Direzione dei Lavori.

La documentazione fotografica, a colori e in formati riproducibili agevolmente, reca in modo automatico e non modificabile la data e l'ora nelle quali sono state eseguite.

#### **Art. 18 - APPROVVIGIONAMENTO DEI MATERIALI - CUSTODIA DEI CANTIERI**

I materiali e i componenti devono corrispondere alle prescrizioni contenute nel presente Capitolato Speciale d'Appalto e nelle voci dell'Elenco Prezzi Unitari di contratto ed essere della migliore qualità.

Possono essere messi in opera solo dopo l'accettazione del Direttore dei Lavori.

In caso di controversia si procederà ai sensi dell'art. 164 del Regolamento di cui al D.P.R. n. 207/2010.

In ogni caso per l'accettazione, la qualità, l'impiego dei materiali, e per gli accertamenti di laboratorio e le verifiche tecniche, valgono le disposizioni riportate nell'art. 167 del Regolamento e artt. 16 e 17 del Capitolato Generale d'Appalto.

E' fatto obbligo all'Appaltatore di presentare, ai sensi dell'art. 43, comma 3, del D.P.R. n. 207/2010, le certificazioni di qualità sia per quei prodotti per i quali le vigenti normative lo prevedono sia per tutti quei prodotti forniti ed installati dall'Appaltatore e/o dai subappaltatori, per i quali il Direttore Lavori ritenga indispensabile acquisirle, a garanzia di corretta posa e di buon funzionamento degli stessi.

Il possesso dei requisiti riportati nel presente Capitolato Speciale d'Appalto, per ogni materiale e prodotto, sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE di ogni materiale e prodotto. I documenti devono essere consegnati alla Direzione Lavori entro e non oltre 5 (cinque) giorni naturali consecutivi dalla firma del contratto e comunque almeno 15 giorni prima della consegna dei lavori, in caso di consegna lavori nelle more del contratto. Nel caso in cui le rispettive marchiature CE non riportino tutti i parametri richiesti, la documentazione dovrà essere integrata da certificati di prova attestanti i requisiti prescritti rilasciati da un laboratorio conto terzi. Una volta accettati i materiali ed i prodotti da parte della Direzione Lavori, l'impresa aggiudicataria dell'appalto, sarà vincolata al loro rigoroso utilizzo nel rispetto delle tolleranze di Capitolato. Nel caso in cui tali documenti non vengano consegnati al momento prescritto come sopra indicato, si prevede una penale del 5% sulla valutazione economica del materiale o prodotto, per il quale non risultano consegnati i documenti di prequalifica, come previsto ed indicato negli elaborati di progetto, applicando il prezzo di aggiudicazione gara. Non sono autorizzate lavorazioni che implicano l'utilizzo di materiali non provvisti di documenti di prequalifica accettati formalmente dalla Direzione Lavori, pena la loro rimozione a cura e spese dell'Appaltatore.

Ad insindacabile giudizio dell'Amministrazione appaltante, qualora l'Appaltatore non provveda tempestivamente all'approvvigionamento dei materiali occorrenti per assicurare l'esecuzione dei lavori entro i termini stabiliti dal contratto, l'Amministrazione appaltante potrà diffidare l'Appaltatore a provvedere a tale approvvigionamento entro un termine perentorio, anche con semplice ordine di servizio.

Scaduto tale termine infruttuosamente, l'Ente appaltante potrà provvedere all'approvvigionamento dei materiali predetti, nelle quantità e qualità che riterrà più opportune, dandone comunicazione all'Appaltatore, precisando la qualità ed i prezzi dei materiali e l'epoca in cui questi potranno essere consegnati all'Appaltatore stesso.

In tal caso detti materiali saranno contabilizzati a debito dell'Appaltatore, al loro prezzo di costo a piè d'opera, maggiorato dell'aliquota del 5% (cinque per cento) per spese generali sostenute dall'Ente appaltante, mentre l'altra parte dei lavori continueranno ad essere contabilizzati all'Appaltatore ai prezzi di contratto.

Per effetto del provvedimento di cui sopra l'Appaltatore è senz'altro obbligato a ricevere in consegna tutti i materiali ordinati dall'Appaltante e ad accertarne il relativo addebito in contabilità, restando esplicitamente stabilito che, ove i materiali così approvvigionati risultino eventualmente esuberanti al fabbisogno, nessuna pretesa od eccezione potrà essere sollevata dall'Appaltatore stesso, che in tal caso rimarrà proprietario del materiale residuo.

L'adozione di siffatto provvedimento non pregiudica in alcun modo la facoltà dell'Appaltante di applicare, in danno dell'Appaltatore, gli altri provvedimenti previsti nel presente Capitolato Speciale d'Appalto e dalle vigenti leggi.

E' a carico e a cura dell'Appaltatore la custodia e la tutela del cantiere, di tutti i manufatti e dei materiali in esso esistenti, anche se di proprietà della Stazione appaltante e ciò anche durante periodi di sospensione dei lavori e fino alla presa in consegna dell'opera da parte della Stazione appaltante. L'eventuale custodia continuativa dei cantieri installati per la realizzazione di opere pubbliche deve essere affidata a persone provviste dalla qualifica di guardia particolare giurata. L'inosservanza di tale norma sarà punita ai sensi dell'art. 22 della Legge 13 settembre 1982 n. 646.

## **Art. 19 - MATERIALI IN GENERE**

I materiali in genere occorrenti per la costruzione delle opere potranno provenire da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché abbiano le caratteristiche prescritte dai documenti tecnici allegati al contratto e, ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, siano riconosciuti della migliore qualità e rispondano ai requisiti appresso indicati.

a) **Acqua per gli impasti.**

L'acqua dovrà essere dolce, limpida, scevra di materie terrose od organiche e non contenere solfati e cloruri in percentuale dannosa; è tassativamente vietato l'impiego di acqua di mare per calcestruzzi armati e per le strutture con materiali metallici soggetti a corrosione.

b) **Calci**

Le calci aeree (grasse, magre o idrate) e le calci idrauliche (naturali o artificiali) risponderanno ai requisiti stabiliti dalle leggi vigenti in materia e saranno fornite e conservate perfettamente asciutte.

### **INCOMPATIBILITÀ DELLA CALCE**

Esistono varie condizioni di incompatibilità nel caso della calce che vengono indicate nella tabella seguente e che dovranno essere tenute nella dovuta considerazione nell'impiego e durante la posa in opera dei materiali:

<i>TIPO DI PROBLEMA</i>	<i>MATERIALI</i>	<i>CONSEGUENZE</i>	<i>RIMEDI</i>
residui	granulati su calce	granulati con impurità sono causa di macchiatura della calce	accurato lavaggio prima dell'impiego  per i restauri usare sabbie di cava
reazioni chimiche	granulati su calce	granulati gessosi o con tenore metallico generano crateri o fessurazioni superficiali	evitare l'impiego di granulati gessosi o con tenore metallico specialmente in presenza di umidità
rigonfiamento	legno compensato su calce	umidità presente nel compensato rinviata alla calce con deterioramento	inserire fogli in plastica tra legno e calce
dilatazione	ceramiche su calce idraulica	la dilatazione delle ceramiche può provocare fessurazioni sulla calce idraulica	utilizzare calce aerea
dilatazione	materie plastiche su calce	la dilatazione delle plastiche induce deformazioni sulla calce	evitare il contatto della calce con le plastiche
respirazione	materie plastiche ed elastomeri su calce	le resine impediscono la respirazione della calce generando rigonfiamenti e distacchi	applicare resine o materie plastiche ad essiccamento della calce già avvenuto
aderenza	materie plastiche ed elastomeri su calce	scarsa aderenza tra materie plastiche e calce con distacchi	creazione di giunti o eliminare i carichi agenti sulle plastiche e calce

c) Cementi

I cementi e gli agglomerati cementizi risponderanno ai requisiti stabiliti dalla Legge 26/5/1965, n. 595. Dovranno essere forniti e conservati perfettamente asciutti; tutte le forniture di cemento dovranno avere adeguate certificazioni attestanti qualità, provenienza e dovranno essere in perfetto stato di conservazione; si dovranno eseguire prove e controlli periodici ed i materiali andranno stoccati in luoghi idonei. Tutte le caratteristiche dei materiali dovranno essere conformi alla normativa vigente ed alle eventuali prescrizioni aggiuntive fornite dal progetto o dalla D.L.

d) Gessi

Il gesso sarà di recente cottura, fornito e conservato perfettamente asciutto, macinato da non lasciar residui sullo staccio di 56 maglie a cmq.;

e) Ghiaia, pietrisco e sabbia per calcestruzzi

La ghiaia, la sabbia e il pietrisco da impiegare nella formazione di calcestruzzi scevri da sostanze friabili o terrose, polverulenti, organiche o comunque dannose saranno bene assortiti in grandezza e costituiti da grani resistenti e non gelivi, provenienti da rocce compatte non gessose né decomposte; saranno classificati in base alle dimensioni massime dell'elemento più grosso. Tutte le caratteristiche, la provenienza e la granulometria saranno soggette alla preventiva approvazione della Direzione Lavori.

f) Inerti per pavimentazioni

- *pietrischi - pietrischetti - graniglie - sabbie - additivi*: dovranno soddisfare i requisiti stabiliti nelle corrispondenti specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

- *ghiaie - ghiaietti*: dovranno corrispondere, come pezzatura e caratteristiche, ai requisiti stabiliti nelle specificazioni riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

Dovranno essere costituiti da elementi sani e tenaci, privi di elementi alterati, essere puliti e praticamente esenti da materie eterogenee, non presentare perdite di peso per decantazione di acqua superiore al 2%.

g) Laterizi

I laterizi pieni e forati, risponderanno ai requisiti stabiliti dalle leggi e norme U.N.I., vigenti in materia. Essi saranno scevri nella massa da impurità, avranno facce lisce e spigoli regolari e sani, presenteranno alla frattura (non vetrosa) grana fine ed uniforme, daranno suono chiaro alla percussione, asciugheranno all'aria rapidamente l'acqua assorbita, non sfalderanno e non sfioriranno sotto l'influenza di agenti atmosferici e di soluzioni saline, non screpoleranno al fuoco.

Essi presenteranno una resistenza minima alla compressione di Kg. 100 a cmq. per i laterizi pieni e di Kg. 16 a cmq. per i laterizi forati.

h) Materiali ferrosi e metalli vari

I materiali ferrosi in genere ed i metalli vari saranno ben fusi o laminati a seconda della specie, esenti da difetti, di screpolature, di bruciature od altro che ne vizi la forma o ne alteri la resistenza o la durata. Essi dovranno rispondere ai requisiti stabiliti dalle leggi vigenti in materia;

i) Acciai per cemento armato

Tutti gli acciai per c.a. dovranno essere del tipo ad aderenza migliorata e rispondere ai requisiti previsti dalle norme in vigore all'epoca in cui si esegue l'opera;

l) Tubazioni

I tubi di ghisa saranno esenti da ogni difetto di fusione, di spessore uniforme e senza soluzione di continuità, a richiesta della Direzione dei Lavori saranno incatramati a caldo internamente ed esternamente. I tubi di acciaio saranno trafilati e perfettamente calibrati. Quando saranno zincati dovranno presentare una superficie ben pulita; lo strato di zinco sarà di spessore uniforme e ben aderente al pezzo.

I tubi di grès saranno di vero grès ceramico a struttura omogenea, smaltati internamente ed esternamente con smalto vetroso, liscio e chimicamente immedesimato con la pasta ceramica, privi di screpolature e non deformati, daranno suono argentino alla percussione, risulteranno inattaccabili dagli alcali e dagli acidi concentrati ad eccezione del fluoridrico ed impermeabili in modo che un pezzo perfettamente secco immerso nell'acqua non ne assorba più del 3,50% in peso; provati isolatamente essi resisteranno ad una pressione interna di almeno 3 atmosfere.

I tubi di cemento, confezionati con calcestruzzo sufficientemente ricco di cemento, saranno ben stagionati, compatti, levigati, scevri di screpolature, rettilinei ed a sezione perfettamente circolare, di spessore uniforme, i grani del ghiaietto dovranno rompersi sotto il martello, senza distaccarsi dalla malta;

I tubi prefabbricati realizzati con miscela a base di policloruro di vinile plastificato (rigido) PVC, devono avere caratteristiche e spessori conformi alla normativa vigente serie SN8 KN/m<sup>2</sup> SDR 34 (tipo 303/2), con giunto del tipo a bicchiere completi di anello elastomerico, forniti delle certificazioni di corrispondenza del materiale alle norme vigenti.

Le caratteristiche di ciascun tipo di tubazione saranno definite dalla normativa vigente e dalle specifiche particolari previste per i diversi tipi di applicazioni o impianti di utilizzo

m) Bitumi - Emulsioni bituminose - Catrami

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti norme tecniche previste al momento dell'esecuzione dei lavori.

n) Bitumi liquidi

Dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti nelle corrispondenti norme tecniche previste al momento dell'esecuzione dei lavori.

o) Legnami

I legnami, da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni delle norme U.N.I. vigenti, saranno provveduti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché le fibre non riescano mozze dalla sega e si ritirino nelle connesure.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovranno essere sufficientemente dritti, in modo che la congiungente i centri delle basi non debba uscire in alcun punto dal palo, dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi delle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza né il quarto del maggiore dei 2 diametri.

Nei legnami grossolanamente squadri ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadri a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta.

## ***Art. 20 - RIFACIMENTO DEI DANNI ALLE CONDUTTURE***

L'Appaltatore è tenuto ad accertare la presenza o meno nell'ambito del cantiere, di condutture elettriche, telefoniche, idriche e ad individuare l'esatta ubicazione; eventuali danni causati a dette condutture ed impianti saranno addebitati all'Appaltatore.

## ***Art. 21 - PRESCRIZIONI TECNICHE PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI***

Tutti i lavori definiti e provvisori, saranno eseguiti secondo le migliori regole d'arte e secondo le prescrizioni che in corso di esecuzione verranno date dalla Direzione dei Lavori, rimanendo stabilito che l'Impresa Appaltatrice attuerà, a sue cura e spese, tutti i provvedimenti necessari per evitare il verificarsi di danni alle opere, alle persone e alle cose, intendendosi pertanto che l'Amministrazione Appaltante resterà sollevata ed indenne da qualsiasi responsabilità verso terzi e da qualunque molestia giudiziaria che dovessero derivare dalla esecuzione dei lavori.

In particolare l'Impresa Appaltatrice dovrà adottare tutte le cautele del caso nell'esecuzione delle opere destinate ad assicurare il transito provvisorio durante la esecuzione dei lavori, nonché le cautele ed i mezzi d'opera atti a prevenire i danni che potessero verificarsi ai fabbricati, servizi e beni circostanti in dipendenza della esecuzione dei lavori ed accertare, eventualmente in contraddittorio con i proprietari od Enti interessati, la consistenza dei fabbricati, beni o servizi rimanendo fin d'ora pattuito che l'Impresa Appaltatrice ed essa sola è responsabile degli eventuali danni ad essi arrecati, e come tale è tenuta al loro risarcimento.

In genere l'Appaltatore avrà facoltà di sviluppare i lavori nel modo che crederà più conveniente per darli perfettamente compiuti nel termine contrattuale.

L'Amministrazione si riserva il diritto insindacabile di stabilire l'esecuzione di un determinato lavoro entro un congruo termine perentorio o di disporre l'ordine di esecuzione dei lavori nel modo che riterrà più conveniente, senza che l'Appaltatore possa rifiutarsi o farne oggetto di richiesta di speciali compensi.

I prodotti ed i materiali impiegati per l'esecuzione dell'opera oggetto del presente appalto, devono possedere requisiti tecnici specifici a garanzia della qualità e del buon funzionamento degli stessi.

Per tutte quelle categorie di lavori per le quali non si trovino, nel presente Capitolato Speciale d'Appalto e nelle voci descrittive di ogni lavorazione, prescritte speciali norme, l'Appaltatore dovrà seguire i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica, attenendosi agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione dei Lavori.

Per quanto riguarda il modo di esecuzione di ogni singola categoria di lavoro, si rimanda alla relativa voce dell'elenco prezzi unitari che fa parte integrante del contratto

## ***Art. 22 - TRACCIAMENTI***

Prima di porre mano ai lavori di sterro e riporto, l'Impresa è obbligata ad eseguire la picchettazione completa del lavoro, in modo che risultino indicati i limiti degli scavi e dei riporti in base alla larghezza del piano stradale, alla inclinazione delle scarpate, alla formazione delle cunette.

A suo tempo dovrà pure stabilire, nei tratti che indicherà la Direzione dei Lavori, le modine o garbe necessarie a determinare, con precisione, l'andamento delle scarpate, tanto degli sterri che dei rilevati, curandone poi la conservazione e rimettendo quelle manomesse durante la esecuzione dei lavori.

Qualora ai lavori di terra siano connesse opere murarie, l'Appaltatore dovrà procedere al tracciamento di esse, con l'obbligo della conservazione dei picchetti, delle modine, come per i lavori in terra.

## ***Art. 23 - PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEL RILEVATO STRADALE O DELLA FONDAZIONE STRADALE IN TRINCEA***

Prima di dare inizio ai lavori contemplati nel presente articolo, l'Impresa farà seguire, se richieste, le prove in modo da stabilire la natura del terreno e le sue caratteristiche.

Nella formazione del piano di posa del rilevato, si provvederà anzitutto al taglio delle piante, all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti, ecc. ed al loro trasporto fuori dell'area di sede stradale; si eseguirà poi la rimozione del terreno vegetale sottostante la intera area di appoggio per una profondità di cm. 20.

Detta profondità potrà essere anche maggiorata qualora la Direzione dei Lavori lo ritenga necessario e lo ordini; in questo ultimo caso lo scavo a profondità oltre i cm. 20, verrà considerato o compensato come scavo di sbancamento per la bonifica del piano di posa del rilevato.

Anche in tal caso, l'Impresa è tenuta ad effettuare lo smaltimento delle acque dagli scavi anzidetti.

Il terreno rimosso dovrà essere trasportato alle discariche dall'Impresa, la quale potrà anche trattenere ed accatastare ai lati del rilevato il terreno coltivo necessario al rivestimento delle scarpate ed alla formazione di eventuali spartitraffico purché non venga impedito lo smaltimento delle acque di cui al precedente capoverso. L'impresa avrà inoltre l'obbligo di asportare senza per questo pretendere alcun compenso, tutti i residui di terreno vegetale come radici, ceppi, sterpi e tutti i materiali che possono comunque essere ritenuti dannosi alla buona riuscita del lavoro.

Effettuata la rimozione dello strato vegetale nonché la pulizia da materie estranee, come sopra indicato, si dovrà procedere alla preparazione del piano di posa del rilevato eseguendo tutte le verifiche, i lavori e le operazioni ritenute necessarie dalla Direzione dei Lavori.

Quando i rilevati da eseguire restano addossati a declivi con pendenze trasversali superiori al 15%, la formazione del rilevato verrà preceduta, oltre che dall'asportazione del terreno vegetale per una profondità di cm. 20 anche dalla gradonatura del pendio, con inclinazione inversa a quella del terreno; la preparazione del piano di posa ed il compattamento a strati del rilevato saranno, anche in questo caso, effettuati come prescritto dalla Direzione Lavori.

Analoghe operazioni saranno effettuate nelle tratte in trincea per la preparazione del piano di posa delle fondazioni stradali, questo sarà sempre compatto sino ad ottenere una densità che ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, sia sufficiente a sopportare i carichi previsti e conferire al costruendo rilevato la necessaria stabilità.

### ***Art. 24 - RILEVATI***

#### **a) Materiali idonei:**

Per la costruzione dei rilevati si avrà massima cura nella scelta dei materiali idonei, escludendo i terreni vegetativi, quelli con humus, radici, erbe, materie organiche.

Per i rilevati verranno anzitutto impiegati i terreni provenienti dagli scavi sulla cui idoneità giudicherà, insindacabilmente, la Direzione dei Lavori sulla base delle loro caratteristiche.

Per i rilevati, da eseguirsi con terreni provenienti da cave, saranno impiegate soltanto terre ritenute idonee dalla Direzione Lavori.

Dovrà quindi essere effettuato, in un primo tempo, un esame accurato delle materie di previsto impiego, onde stabilirne le esatte caratteristiche.

L'Impresa potrà aprire le cave di prestito ovunque lo riterrà di sua convenienza, subordinatamente all'accennata idoneità delle materie da portare in rilievo ed al rispetto delle vigenti disposizioni di legge, nonché alla osservanza di eventuali disposizioni della Direzione dei Lavori.

Le dette cave di prestito, da aprirsi a totale cura e spese dell'Impresa, debbono essere coltivate in modo che, tanto durante la esecuzione degli scavi quanto a scavo ultimato, non si abbiano a verificare franamenti, ristagni di acqua o comunque condizioni pregiudizievoli per la salute ed incolumità pubblica.

#### **b) Formazione del rilevato con materiali terrosi:**

La stesa del materiale verrà eseguita in strati di spessore proporzionato alla natura del materiale ed al mezzo costipante usato, in ogni caso di spessore non superiore a cm. 50, e con la pendenza necessaria per permettere un rapido smaltimento delle acque piovane, ma mai superiori al 3%.

Lo stato del materiale impiegato per ogni strato verrà, occorrendo, corretto mediante inumidimento con acqua o mediante essiccamento, previa rimozione, qualora la Direzione dei Lavori lo ritenesse necessario.

Il costipamento avverrà con i mezzi meccanici idonei.

L'impiego dei mezzi costipanti dovrà conferire ai singoli strati di terra la densità e la consistenza ritenuta conveniente dalla Direzione Lavori ed ogni strato dovrà avere i requisiti di costipamento e di umidità richiesti prima che venga messo in opera lo strato successivo.



Nella formazione dei rilevati si riserveranno agli strati superiori le terre migliori disponibili nel lotto (sia provenienti da scavi d'obbligo sia provenienti da cave di prestito).

Per l'ultimo strato di cm. 30, vicino alla fondazione, si dovrà ottenere la massima densità possibile con il tipo di terra usato.

Nel riempimento di cavi, canali o buche poste entro l'area coperta del terrapieno già costruito e le murature dei manufatti o dei muri di sostegno verrà impiegato lo stesso materiale del rilevato, posto in opera con particolare cura in strati successivi (circa cm. 30) e costipato perfettamente fino ad ottenere la massima densità come per l'ultimo strato.

Nella costruzione del rilevato l'Impresa terrà conto che le scarpate e le eventuali zone spartitraffico dovranno venire rivestite di terra vegetativa per uno spessore almeno di cm. 20 e comunque, non superiore a cm. 50.

Il terreno potrà provenire sia dallo scoticamento effettuato inizialmente per la preparazione del piano di appoggio del rilevato, che da altre zone, purché possieda caratteristiche tali da assicurare l'attecchimento e lo sviluppo della vegetazione.

A lavoro ultimato la sagoma e le livellette del rilevato dovranno risultare conformi ai disegni e alle quote stabilite dal progetto.

Il rivestimento delle scarpate, delle aiuole spartitraffico e del ciglio delle banchine con terra vegetale della spessore succitato dovrà essere seguito procedendo a cordoli orizzontali da costiparsi con mezzi meccanici idonei, previa gradonatura di ancoraggio onde evitare possibili superfici di scorrimento e in modo da assicurare una superficie regolare.

Il rivestimento seguirà dappresso la costruzione del rilevato, qualora la sua costruzione avvenga assieme a quella del rilevato non è necessaria la predetta gradonatura.

c) Formazione dei rilevati con materiali rocciosi:

Allorché i materiali per la formazione dei rilevati consistono di frammenti di roccia (purché non si tratti di roccia comunque ritenuta non adatta dalla Direzione Lavori) risultanti di grandezza tale da non poter essere messi in opera nei rilevati in strati orizzontali dello spessore adatto in rapporto ai mezzi costipati disponibili senza essere previamente frantumati, tali materiali potranno essere tuttavia impiegati nella formazione di rilevati, in strati comunque di spessore non superiore a 70 cm., ben livellati, disposti con la pendenza necessaria al rapido smaltimento delle acque piovane (ma non superiore al 3%), e nei quali i vuoti compresi fra gli elementi rocciosi più grossi siano convenientemente e uniformemente riempiti con elementi più piccoli, onde ottenere ad ogni strato, una massa ben assestata, compatta e solida, che non dia più luogo a futuri, ulteriori assestamenti.

Si avrà cura di disporre i materiali più grossolani nella parte più bassa del rilevato, riservando quelli a mano a mano più piccoli nelle parti alte del rilevato stesso; lo strato di 30 cm. sottostante il piano di posa della sovrastruttura sarà composto da detriti rocciosi di dimensione non superiore a cm. 10.

Qualora il materiale fosse costituito in parte da elementi di roccia come sopra e in parte da terra, frammischiati, l'impiego del medesimo potrà essere ancora consentito dalla Direzione Lavori, nella formazione di rilevati, se gli elementi rocciosi saranno accuratamente e uniformemente distribuiti nella massa, e gli interstizi diligentemente colmati con materiale più piccolo, in guisa da costituire degli strati ben assestati densi e compatti.

La parte in roccia e quelle in terra del rilevato misto saranno eseguite con l'osservanza delle rispettive prescrizioni relative alla formazione dell'uno e dell'altro tipo.

## ***Art. 25 - COSTRUZIONE DEL RILEVATO***

Nella costruzione del rilevato si devono considerare le avvertenze di seguito indicate.

Dopo le operazioni preliminari previste, si procederà al compattamento del terreno sino ad ottenere la densità prescritta dalla Direzione Lavori.

Nell'intento di preservare il corpo del rilevato dalla umidità eventualmente risalente per capillarità dal piano di posa, verrà steso e costipato, su detto piano, secondo le prescrizioni che verranno impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori, uno strato di materiale arido dello spessore finito minimo di cm. 20 se costituito da frantumato, o di cm. 30 se costituito da materiale ghiaioso,

opportunamente difeso verso monte da eventuali infiltrazioni e verso valle completato dai necessari scarichi.

L'indicato strato isolante verrà compensato a parte.

Qualora a giudizio della Direzione Lavori, si rendesse necessario dare una sagomatura al piano di posa prima di procedere al suo compattamento, per assicurare lo smaltimento delle acque, tale lavoro sarà compensato a parte con il prezzo di elenco relativo allo scavo di sbancamento.

Il grado di densità e la percentuale di umidità secondo cui dovranno essere costipati i rilevati formati con materiali idonei in oggetto saranno approvati di volta in volta dalla Direzione Lavori.

Verrà preventivamente determinata quella umidità di costipamento e quella densità che diano luogo ai minimi ritiri e rigonfiamenti del materiale. In tal modo il materiale verrà così preparato a successive variazioni (in più o in meno) di umidità, avuto riguardo alla effettiva variazione idrologica cui di fatto va soggetta la zona.

Se l'umidità del materiale è inferiore a quella richiesta dalla Direzione Lavori l'aggiunta di umidità dovrà essere effettuata in modo da ottenere una uniforme distribuzione in tutta la massa del materiale costituente lo strato di lavorazione; se è superiore, il materiale dovrà essere essiccato con aerazione.

Nella esecuzione dei rilevati, lo spessore degli strati sciolti non supererà i 30 cm. ed il materiale sarà convenientemente disgregato.

I trovanti detriti rocciosi eventualmente disponibili per la costruzione del rilevato saranno di preferenza utilizzati per gli strati più alti, a contatto con la fondazione stradale, riducendoli, in ogni caso, a pezzatura non superiore a cm. 40.

L'impresa disporrà di mezzi compattanti del tipo e peso idoneo al particolare tipo di terra.

L'opera di compattamento deve essere preceduta ed accompagnata dal servizio di motogaders, che curino in continuità la sagomatura della superficie; è infatti della massima importanza che queste, nel corso della formazione del rilevato, presenti sagoma spiovente lateralmente con falde di opportuna pendenza e si evitino buche e solchi dove l'acqua possa ristagnare.

A tale scopo l'Impresa dovrà disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico sui rilevati, oltre a quelli dovuti alla pioggia, neve e gelo.

Qualora gli ultimi strati del rilevato non vengano costituiti da materiale detritico, come sopra indicato, il rilevato stesso verrà sospeso a 50 cm. circa sotto il piano di posa della fondazione stradale, onde consentire l'impiego di cuscinetto di materiale arido.

La formazione del rilevato sarà sospesa a livello della quota di posa della fondazione per riprendere poi la costruzione e finitura delle banchine in modo da seguire le varie assise della sovrastruttura, evitando risalti che intralcino lo scarico delle acque sui fianchi.

La parte superiore del terrapieno, verrà sagomata rispetto all'asse stradale verso l'esterno con pendenza del 3%.

Il rivestimento delle scarpate, dello spartitraffico (ove esiste) e del ciglio banchina con terra vegetale dello spessore di almeno 30 cm. esige cura scrupolosa; il rivestimento procederà a cordoli orizzontali da costiparsi con mezzi meccanici idonei, previa gradonatura di ancoraggio onde evitare possibili superfici di scorrimento, e in modo da assicurare una superficie regolare.

Il rivestimento seguirà da presso la costruzione del rilevato; qualora la sua costruzione avvenga insieme a quella del rilevato non è necessaria la gradonatura preventiva.

## ***Art. 26 - SCAVI***

### **a) Scavi di sbancamento:**

Sono così denominati gli scavi occorrenti all'apertura della sede stradale, piazzali e opere accessorie, portati a finitura secondo i tipi di progetto; così ad esempio gli scavi di trincea, compresi cassonetti e cunette, quelli per i lavori di spianamento del terreno; per impianto di opere d'arte; per taglio di scarpate delle trincee o di rilevati; per formazione o approfondimento di cunette, fossi, canali.

Negli scavi dovranno essere adottate tutte le cautele atte a prevenire scoscendimenti e smottamenti, restando l'Impresa esclusivamente responsabile degli eventuali danni e tenuta a provvedere a proprie spese alla rimozione delle materie franate e al ripristino delle sezioni corrette.

Gli scavi e i trasporti saranno eseguiti con mezzi adeguati e con sufficiente mano d'opera; si avrà cura di assicurare in ogni caso il regolare smaltimento e deflusso delle acque.

I materiali provenienti dagli scavi non idonei per la formazione dei rilevati o per altro impiego nei lavori, dovranno essere portati a rifiuto, in zone disposte, a cura e spese dell'Impresa; quelle invece utilizzabili, ed esuberanti le necessità di lavoro, verranno portati, sempre a cura e spese dell'Impresa, su aree indicate dalla Direzione Lavori.

I materiali provenienti da scavi in roccia di mina dovranno essere utilizzati, se idonei, per murature o fondazioni stradali, solo se in esuberanza, per formazione di rilevati.

#### b) Scavi di fondazione:

Per scavi di fondazione si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali e riproducenti il perimetro dell'opera: solo però in quanto effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale.

Questo piano sarà determinato, a giudizio della Direzione Lavori, o per la intera area di fondazione o per parti in cui questa può essere suddivisa a secondo sia delle quote dei piani finiti di fondazione. Valgono per questi scavi, di norma, le prescrizioni esecutive circa l'impiego di materiali dettate nel capoverso a).

Gli scavi saranno, a giudizio insindacabile della Direzione Lavori, spinti alle necessarie profondità fino al rinvenimento di terreno stabile e di adeguata capacità portante.

I piani di fondazione saranno perfettamente orizzontali, o disposti a gradoni con leggera pendenza verso monte per quelle opere che ricadessero sopra falde inclinate.

Le pareti saranno verticali o inclinate come sarà prescritto.

E' vietato all'Impresa, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la Direzione dei Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

Gli scavi di fondazione potranno essere eseguiti, ove ragioni speciali non lo vietino, anche con pareti a scarpata, ma in tal caso, non sarà pagato il maggior scavo eseguito, di conseguenza l'Impresa dovrà successivamente provvedere a sua cura e spese, al riempimento dei vani rimasti attorno alle murature di fondazione con materiali adatti, ed ai necessari costipamenti siano al piano del terreno primitivo.

#### c) Scavi subacquei:

Gli scavi di fondazione saranno considerati subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di cm. 20 sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Gli esaurimenti d'acqua dovranno essere eseguiti con tutti i mezzi che si ravvisassero più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo, e tali mezzi dovranno essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa dovrà provvedere di sua iniziativa e a sua cura e spese, ad assicurare il naturale deflusso delle acque che si riscontrassero scorrenti sulla superficie del terreno allo scopo di evitare che esse si versino negli scavi.

Provvederà a togliere ogni impedimento che si opponesse così al regolare deflusso delle acque, ed ogni causa di rigurgito, anche ricorrendo alla apertura di canali fuggatori.

Di ogni onere relativo e quindi del relativo compenso è stato tenuto conto nella formazione dei prezzi degli scavi.

#### d) Scavi e rinterri per posa di condotte:

L'Impresa deve provvedere, a propria cura e spese, alle necessarie puntellature, sbadacchiature ed armature restando unica responsabile di eventuali danni alle persone ed alle cose causati in qualsiasi modo dai lavori.

I lavori di scavo devono essere condotti in modo da dare facile e pronto smaltimento alle acque che eventualmente scaturissero dal fondo e dalle pareti degli scavi e da prevenire l'invasione di acque meteoriche nelle trincee. L'Appaltatore è obbligato ad eseguire a sua cura e spese gli esaurimenti che per qualsiasi causa si rendessero necessari; in particolare le acque superficiali non devono riversarsi nei cavi anche dopo la colmatatura dei cavi medesimi a condotta installata e dopo la costruzione di opere d'arte e manufatti.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori, devono essere portate a rifiuto alle pubbliche discariche a cura e spese dell'Appaltatore.

Gli scavi per posa di condotte devono avere il fondo spianato e livellato in modo da non presentare gibbosità od avvallamenti; prima della posa in opera delle condotte deve essere steso sul fondo del cavo uno strato di terreno sciolto non argilloso e pietrisco minuto e sabbia, sul quale vanno poste le condotte stesse.

Nel riempimento dei cavi devono usarsi tutte le cautele necessarie per non danneggiare le tubazioni; tale riempimento deve essere eseguito a strati dell'altezza di trenta centimetri costipati regolarmente, strato per strato, al fine di ottenere un perfetto assodamento.

Eseguito il riempimento dei cavi deve essere immediatamente ripristinato il piano viabile in tutta la sua formazione strutturale antecedente l'apertura del cavo.

Nei tratti lungo le strade e dentro gli abitati, gli scavi devono essere tenuti aperti il minor tempo possibile in modo da recare il minor disturbo al transito e da non interrompere il traffico dei veicoli, compatibilmente con le esigenze delle prove idrauliche. In detti tratti l'Appaltatore deve provvedere all'installazione dei regolari cartelli indicatori prescritti dalle vigenti disposizioni in materia.

In corrispondenza degli ingressi alle abitazioni l'Appaltatore deve provvedere all'esecuzione dei necessari passaggi provvisori con tavolame ed altro per assicurare la libera e sicura circolazione dei pedoni e l'accesso alle case.

### ***Art. 27 - DEMOLIZIONI E RIMOZIONI***

Le demolizioni devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da non danneggiare le residue murature e da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti ai lavori e da evitare incomodi o disturbi.

Rimane pertanto vietato di gettare dall'alto i materiali in genere che invece devono essere trasportati o guidati in basso e di sollevare polvere per il che, tanto le murature, quanto i materiali di risulta, dovranno essere opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni e rimozioni l'Appaltatore deve inoltre provvedere alle eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti i quali tutti devono ancora potersi impiegare utilmente sotto pena di rivalsa di danni a favore della Stazione Appaltante.

Le demolizioni dovranno limitarsi alle parti ed alle dimensioni prescritte. Quando anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero demolite altre parti od oltrepassati i limiti fissati, saranno pure a carico e spese dell'Appaltatore, senza alcun compenso, ricostruite e rimesse in pristino le parti indebitamente demolite, ferma restando ogni responsabilità per eventuali danni.

Comunque le demolizioni dovranno avvenire secondo le disposizioni dettate nel piano di sicurezza sostitutivo del piano di sicurezza e coordinamento

Tutti i materiali riutilizzabili che la Direzione dei Lavori ordinasse di reimpiegare devono essere opportunamente scalcinati, puliti e custoditi nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla Direzione stessa.

Tutti i materiali, sia di scarto che di recupero, provenienti dalle demolizioni e rimozioni, devono essere sempre dall'Appaltatore trasportati fuori del cantiere nei punti indicati ed in rifiuto alle pubbliche discariche.

## **Art. 28 - FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE**

Il misto cementato per fondazione sarà costituito da una miscela di inerti lapidei, impastata con cemento ed acqua in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, da stendersi in un unico strato dello spessore finito di norma di 20 cm e comunque variabile secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

### **a) Inerti:**

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30 ed il 60% in peso sul totale degli inerti.

A discrezione della Direzione Lavori potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito, in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante allo 0,063 mm.

Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (UNI EN 933-1):

setacci	UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio	40	100-100
setaccio	31,5	90-100
setaccio	20	70-90
setaccio	14	58-78
setaccio	8	43-61
setaccio	4	28-44
setaccio	2	18-32
setaccio	0.4	9-20
setaccio	0.125	6-13
setaccio	0.063	5-10

- Perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI-EN1097-2) non superiore al 30% in peso;
- Equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) compreso fra 30 e 60;
- Indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico).

### **b) Legante:**

Dovrà essere impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 tenendo anche in conto la eventuale aggressività dell'ambiente.

A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,5% e il 4,0% sul peso degli inerti asciutti.

### **c) Acqua:**

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento (rilevabile con lo studio con pressa giratoria) con una variazione compresa entro + 2% del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

### **d) Studio della miscela in laboratorio:**

L'Impresa dovrà proporre alla Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela.

La percentuale di cemento e la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini realizzati mediante pressa giratoria con le seguenti caratteristiche a n° giri 180 con le seguenti caratteristiche:

- Pressione verticale kPa 600 + 3
- Angolo di rotazione 1,25 + 0,02
- Velocità di rotazione (giri/min) 30
- Diametro provino (mm) 150

Resistenze :

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
Rit 25°C (GPa x 10-3)	0,30 – 0,50	0,32-0,60	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10-3)	1,4 – 3,6	2,5 – 5,5	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali del cemento e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire la curva ottimale.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria secondo il seguente schema indicativo:

Cemento (%)	2			3			4			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela degli aggregati
Acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini (1)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

(1) I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti (tre a compressione e tre a trazione indiretta a tre o a 7 gg) sempre secondo quanto sopra descritto, in cui sono descritte anche le resistenze richieste.

La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento e l'acqua.

I suddetti valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa + 15%, altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione anche fino a 0,70 MPa a 3gg e 0,90 Mpa a 7gg.

Da questi dati di laboratorio dovranno essere scelti la curva, la densità (misurabile sui provini giratoria a 180giri) e le resistenze di progetto da usare come riferimento nelle prove di controllo.

e) Formazione e confezione delle miscele:

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Gli impianti dovranno comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di progetto.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà 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 dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondenti alle classi impiegate.

f) Posa in opera:

La miscela verrà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti.

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti gommate a 4 assi o cingolate e comunque dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento sia longitudinale che trasversale.

Le operazioni di addensamento dello strato dovranno essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- rullo a due ruote vibranti da 10 ton per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 ton;
- rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 ton.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla Direzione Lavori, delle stesse caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 5°C e superiori a 35°C e mai sotto la pioggia. Tuttavia, a discrezione della Direzione Lavori, potrà essere consentita la stesa a temperature diverse.

In questo caso però sarà necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); sarà inoltre necessario provvedere ad una abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa dovranno essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela.

Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente una eccessiva evaporazione della miscela.

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Particolari accorgimenti dovranno adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale similare.

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa, se non si fa uso della tavola sarà necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non dovranno essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

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 e previa verifica che il transito non danneggi lo strato. Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

#### g) Protezione superficiale:

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di  $1 \div 2 \text{ Kg/m}^2$ , in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto e successivo spargimento di sabbia.

#### h) Norme di controllo delle lavorazioni:

A discrezione della Direzione dei Lavori verrà verificata la rispondenza delle caratteristiche granulometriche delle miscele.

Verrà ammessa una tolleranza di  $\pm 5$  punti percentuali fino al passante al setaccio 4 e di  $\pm 2$  punti percentuali per il passante al setaccio 2 ed inferiori, purché non vengano superati i limiti del fuso.

La rispondenza delle caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le medesime prove di laboratorio eseguite per la loro qualifica.

La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 300 mc di materiale posto in opera.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 94% della densità dei provini giratoria (miscela di progetto a 180 giri) nel 100% delle misure effettuate.

La portanza dello strato dovrà essere rilevata mediante tramite LWD (Light Weight Deflectometer tipo Dynatest) con valori min. 60 Mpa dopo 4 ore e 200 Mpa dopo 1gg..

Le prove LWD devono rispettare le Norme ASTM E2583-07 "Standard Test Method for Measuring Deflections with a Light Weight Deflectometer (LWD)" e andranno eseguite applicando una sforzo di sollecitazione pari a circa 70 KPa mentre la durata dell'impulso di carico sarà pari a circa 30 msec. Tale configurazione si ottiene utilizzando il carico da 10 Kg con una altezza di caduta (distanza tra terreno e base del carico) pari a 100 cm.

Le battute del LWD, secondo quanto indicato nella Norma, dovranno essere ripetute fino ad ammettere uno scarto tra le deflessioni a centro piastra  $\leq 3\%$ ; Pur nel rispetto del limite di modulo elastico richiesto, se non viene raggiunto il limite dello scarto tra due deflessioni consecutive dopo 4 ripetizioni per più di 5 punti di misura distanziati di almeno 5 metri tra loro lo strato andrà riaddensato.

Le prove eseguite, salvabili su file informatico, devono registrare almeno la pressione effettivamente applicata, il tempo di applicazione del carico, la deflessione al centro piastra ed il modulo elastico. Il modulo elastico viene calcolato con la seguente espressione:

$E = f \cdot (1 - \nu_2) \cdot \sigma \cdot r / d_0$  con  $f = 2$ ,  $\nu = 0,35$ ,  $\sigma$  = sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 KPa),  $r = 150$  mm. (raggio della piastra), e  $d_0$  = deflessione misurata al centro piastra.

La Direzione Lavori effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

Lo spessore dello strato dovrà essere verificato con la frequenza di almeno un carotaggio ogni 400 m. di strada o carreggiata.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5% nel 98% dei rilevamenti; in caso contrario sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto sarà obbligo dell'Appaltatore a sua cura e spesa compensare gli spessori carenti incrementando in egual misura lo spessore in conglomerato bituminoso sovrastante.

### ***Art. 29 - MISTO GRANULARE STABILIZZATO PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE***

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di terre stabilizzate granulometricamente; la frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm), può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

Questa lavorazione si applica per strati di fondazione nelle Manutenzioni Straordinarie o Nuove Lavorazioni, esclusivamente nei casi di strade di minore rilevanza e può essere impiegata anche per lavori di sottofondazione come ultimo strato del rilevato stradale.

La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà fissato progettualmente e verificato dalla Direzione Lavori.

a) Caratteristiche dei materiali da impiegare:

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, risponderà alle caratteristiche seguenti:

01) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, né forma appiattita, allungata o lenticolare;

02) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci	UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio	63	100-100
setaccio	40	84-100
setaccio	20	70-92



setaccio	14	60-85
setaccio	8	46-72
setaccio	4	30-56
setaccio	2	24-44
setaccio	0.25	8-20
setaccio	0.063	6-12

03) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso;

04) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio ASTM n. 4; compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento).

Tale controllo dovrà anche essere eseguito per materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato dalla Direzione Lavori in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 40 e 60 la Direzione Lavori richiederà in ogni caso (anche se la miscela contiene più del 60% in peso di elementi frantumati) la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo comma.

Indice di portanza C.B.R. 4 dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50.

E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di + 2% rispetto all'umidità ottima di costipamento.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate precedentemente, salvo nel caso citato al punto 4) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

#### b) Studio preliminare:

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla Direzione Lavori mediante prove di laboratorio sui campioni che l'Impresa avrà cura di presentare a tempo opportuno per la loro valutazione prima dell'inizio delle lavorazioni.

Contemporaneamente l'Impresa dovrà indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno inoltre accertati con controlli della Direzione Lavori in corso d'opera, prelevando il materiale in sito già miscelato, prima e dopo avere effettuato il costipamento.

#### c) Modalità esecutive:

Il piano di posa dello strato dovrà avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo non idoneo.

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, 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.

A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento dovrà presentare in ogni punto la prescritta granulometria.

Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento), tali da portare alla eventuale taratura dei mezzi costipanti.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (AASHTO T 180-57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4" 5.

La portanza dello strato dovrà essere rilevata mediante tramite LWD (Light Weight Deflectometer tipo Dynatest) con valore min. 80Mpa secondo procedura di prova descritta all'art. 28 comma h).

La Direzione Lavori effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori; in caso di carenze interromperà le lavorazioni successive fino all'ottenimento del valore richiesto.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4,5 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

Per quanto riguarda il controllo delle lavorazioni si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 28 comma h).

### ***Art. 30 - DRENAGGI CON FILTRO IN TESSUTO "NON TESSUTO"***

In terreni particolarmente ricchi di materiale fino o per il drenaggio laterale delle pavimentazioni, i drenaggi potranno essere realizzati con filtro laterale in tessuto "non tessuto" costituito da fibre sintetiche e filamenti continui coesionati mediante agugliatura meccanica o a legamento doppio con esclusione di colle o altri componenti chimici.

Il geotessile non dovrà avere superficie liscia, dovrà apparire uniforme, essere resistente agli agenti chimici, alle cementazioni abituali in ambienti naturali, essere imputrescibile e atossico, avere buona resistenza alle alte temperature, essere isotropo.

In ogni caso i materiali dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio e dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione Lavori.

Il materiale da usare dovrà avere una resistenza a trazione su striscia di almeno 2 kN/mt (UNI-EN 10319) e buone caratteristiche filtranti (sotto un peso di 2 kg/cm<sup>2</sup> lo spessore del non tessuto dovrà essere non inferiore a 0,5 mm); il peso minimo accettabile del tessuto non tessuto sarà invece di 350 grammi/m<sup>2</sup>.

I vari elementi di non tessuto dovranno essere cuciti tra di loro per formare il rivestimento del drenaggio; qualora la cucitura non venga effettuata, la sovrapposizione degli elementi dovrà essere di almeno 50 cm.

La parte inferiore dei non tessuti, a contatto con il fondo del cavo del drenaggio e per un'altezza di almeno 5 cm sui fianchi, dovrà essere impregnata con bitume a caldo (o reso fluido con opportuni solventi che non abbiano effetto sul poliestere) in ragione di almeno 2 kg/m<sup>2</sup>. Tale impregnazione potrà essere fatta prima della messa in opera nel cavo del non tessuto stesso o anche dopo la sua sistemazione in opera.

L'impregnazione potrà anche essere usata in altri punti per impedire la filtrazione e/o il drenaggio nel punto impregnato. Dal cavo dovrà fuoriuscire la quantità di non tessuto necessaria ad una doppia sovrapposizione della stessa sulla sommità del drenaggio (due volte la larghezza del cavo).

Il cavo rivestito verrà successivamente riempito e ben compattato con materiale lapideo pulito e vagliato trattenuto al crivello 10 mm UNI, tondo o di frantumazione, con pezzatura massima non eccedente i 70 mm.

Il materiale dovrà ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il non tessuto alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento si sovrapporrà il non tessuto fuoriuscente in sommità e su di esso verrà eseguita una copertura in terra pressata o altro materiale, a seconda della posizione del drenaggio.

### **Art. 31 - CONGLOMERATI BITUMINOSI RICICLATI A FREDDO IN IMPIANTO PER LA FORMAZIONE DI STRATI DI BASE**

Le miscele stabilizzate con bitume e cemento sono costituite da aggregati vergini o da materiali di riciclo della vecchia pavimentazione con quantità variabili di conglomerato bituminoso fresato che possono arrivare fino al 100%, da cemento e da bitume inserito nella stessa miscela sotto forma di emulsione di bitume modificato.

#### **a) Aggregati**

Sono in generale costituiti da materiali di riciclo di pavimentazioni stradali esistenti: conglomerato bituminoso fresato, misto cementato, misto granulare, tout venant eventualmente integrati con inerti vergini (di primo impiego). Non è escluso l'impiego di soli aggregati vergini. Qualora i materiali di riciclo della vecchia pavimentazione contengano frazioni limo-argillose ( $IP > 0$ ), queste devono essere eliminate (sostituite con materiali idonei) o preventivamente trattate con calce.

Il conglomerato bituminoso riciclato (fresato), nei casi in cui la miscelazione sia prevista in impianto (fisso o mobile) deve essere vagliato prima del suo reimpiego per eliminare eventuali elementi (grumi, placche, ecc.) di dimensioni superiori a 32 mm.

Nel caso sia previsto l'impiego di conglomerato di recupero di provenienza esterna al cantiere, esso deve essere preventivamente qualificato in conformità alla norma UNI EN 13108-8.

La granulometria degli aggregati, compreso il fresato, deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo la vagliatura.

Qualora la granulometria degli aggregati di riciclo eventualmente integrato con aggregati vergini e considerando l'apporto del cemento dovrà rispettare il fuso indicato nella Tabella A.1.

La percentuale di conglomerato riciclato che si intende impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

Serie setacci ISO		Passanti
	mm	%
Setaccio	40	100
Setaccio	31,5	80-100
Setaccio	16	58-92
Setaccio	8	42-76
Setaccio	4	30-56
Setaccio	2	18-40
Setaccio	0.5	9-25
Setaccio	0.063	3-8

Tabella A.1

Gli aggregati vergini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali: rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi.

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

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

L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

AGGREGATO GROSSO			
$\leq 25\%LA_{25}$ Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	100%	C <sub>100/0</sub>

UNI EN 1097-2 Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)			
Dimensione Max	UNI EN 933-1	30 mm	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	≤ 1%	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	≤ 1% F <sub>1</sub>	
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	≤ 25 %	FI <sub>25</sub>

Tabella A.2

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D = 4 mm.

L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.3.

AGGREGATO FINE			
Parametro	Norma di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	≥ 60 %	-
Quantità di frantumato	-	100 %	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	n.p.	-
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	≤ 25%	-

Tabella A.3

Il possesso dei requisiti elencati nelle Tabella A.2 e A.3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

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

Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 280/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

#### ***b) Emulsione di bitume modificato***

L'emulsione deve essere specificatamente formulata, sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C 60 BP 10), con le caratteristiche riportate nella Tabella A.4.

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO SOVRASTABILIZZATA			
Parametro	Normativa	unità di misura	Valori richiesti
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	%	40±2
Contenuto di legante	UNI EN 1431	%	60±2
Omogeneità	UNI EN 1429	%	≤ 0,2
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	%	≤ 10
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	-	2÷4
Indice di rottura	EN 13075-1	g	> 150
Stabilità alla miscelazione con il cemento	UNI EN 12848	g	< 2

dmm50 - 100Caratteristiche bitume estratto	UNI EN 1431		
Punto di rammollimento UNI EN1426 Penetrazione a 25°C	UNI EN1427	°C	> 60
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN112593	°C	≤ -12
Ritorno elastico	UNI EN 13398	%	> 50

Tabella A.4

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dell'emulsione tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere di norma rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

#### c) *Cemento*

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1.

Saranno impiegati unicamente cementi:

- CEM I – cemento Portland
- CEM II – cemento Portland composito
- CEM III – cemento d'altoforno;
- CEM IV – cemento pozzolanico.

#### d) *Acqua*

L'acqua impiegata deve essere esente da impurità dannose, conforme alla norma UNI EN 1008.

#### e) *Studio della miscela*

Le percentuali ottimali di cemento, acqua e emulsione bituminosa e dell'eventuale integrazione di inerti sono stabilite mediante uno specifico studio in laboratorio.

Sui campioni prelevati devono essere eseguiti analisi granulometriche per via umida (UNI EN 933-1) ed indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) per stabilire la necessità di trattamento con calce e l'integrazione degli inerti.

Prima di definire la giusta combinazione di leganti, deve essere determinato il contenuto ottimale di acqua sulla miscela granulare con il 2% in peso di cemento, secondo le indicazioni della Tabella B.1.

I provini con diverso contenuto di acqua devono essere compattati con pressa giratoria (UNI EN 12697-31) nelle seguenti condizioni di prova:

Tipo di fustella:	non drenata
Angolo di rotazione:	1.25° ± 0.02°
Velocità di rotazione:	30 rotazioni al minuto
Pressione verticale:	600 kPa
Dimensioni provino:	150 mm
n° giri:	100
Peso campione:	2800 g (comprensivi di cemento e acqua)

Nel caso in cui gli elementi più grossolani impediscano la produzione di provini geometricamente regolari deve essere eliminato il trattenuto al setaccio da 20 mm.

Cemento [%]	2,0					
Acqua [%]	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0
Provini [n°]	3	3	3	3	3	3

Tabella B.1

Ogni provino deve essere pesato prima e dopo la compattazione al fine di determinare la percentuale di (eventuale) acqua espulsa.

I provini così ottenuti devono essere essiccati fino a peso costante in stufa a 40°C e sottoposti a prova per la valutazione della massa volumica (UNI EN 12697-6/procedura D). Il contenuto ottimo di acqua sarà quello che permette di raggiungere il valore più elevato di massa volumica della miscela (secca) e un quantitativo di acqua espulsa durante la compattazione minore dello 0,5%.

Secondo la stessa procedura di compattazione e con il contenuto di acqua ottimo, devono essere confezionati provini con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli inerti) di cemento e emulsione bituminosa, come indicato nelle Tabella B.2.

Acqua [%]	Contenuto ottimo								
Cemento [%]	1,5			2,0			2,5		
Emulsione bituminosa [%]	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5	3,5	4,0	4,5
Provini [n°]	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Tabella B.2

Quando si impiega l'emulsione bituminosa, nel contenuto ottimo di acqua della miscela occorre considerare anche l'acqua apportata dall'emulsione.

I provini così confezionati devono subire una maturazione a 40 °C per 72 ore e successivamente devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697/23), dopo un condizionamento per 4 ore in camera climatica a 25 °C. Tali provini devono fornire:

- resistenza a trazione diametrale  $R_t > 0,35 \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di trazione indiretta  $CTI > 40 \text{ N/mm}^2$

Sui provini confezionati con le miscele che soddisfano i requisiti di resistenza a trazione indiretta e CTI, maturati per 72 ore a 40 °C, si devono determinare:

- modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta (spostamento orizzontale imposto  $5 \pm 0,2 \mu\text{m}$ ) secondo la Norma UNI EN 12697/26;
- perdita di resistenza dopo imbibizione a 25 °C per 1 ora sottovuoto a 50 mm di mercurio.

La miscela ottima di progetto sarà quella che fornisce il modulo di rigidezza a 20 °C più piccolo tra quelli che risultano maggiori di 3000 MPa e resistenza a trazione indiretta dopo imbibizione maggiore del 70% di quella ottenuta su provini non immersi in acqua.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica secca a 100 giri di pressa giratoria che costituisce il riferimento per il controllo della densità in sito.

L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Una volta accettata dalla Direzione Lavori la composizione granulometrica di progetto, non saranno ammesse variazioni di percentuale di passante superiori a  $\pm 10$  per pezzature superiori a 2 mm,  $\pm 5$  per pezzature tra 2 e 0,063 mm e del  $\pm 1$  per passante al 0,063 mm. Per la percentuale di emulsione bituminosa (determinata per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) non deve essere tollerato uno scostamento da quella di progetto di  $\pm 0,25$ .

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate al momento della stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito.

### ***f) Confezione e posa in opera delle miscele***

Per la produzione in impianto si usano dei sistemi di produzione, installabili anche in cantiere, che non richiedono gli apparati per il riscaldamento, la rielezione degli inerti e di aspirazione e filtraggio dei fumi. A tale fine possono essere impiegati impianti per i misti cementati adattati per il

riciclaggio a freddo. 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.

La stesa deve essere eseguita con vibrofinitrice. Subito dopo la stesa si deve procedere alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso  $> 18$  ton con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico  $> 25$  ton.

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.

Ultimato il costipamento, compatibilmente con le attività di cantiere, lo strato deve essere fatto maturare per qualche giorno, favorendo l'evaporazione dell'acqua, prima di essere coperto. Anche nel caso di esigenze operative improrogabili, per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere almeno 8 ore.

Quando è prevista pioggia, lo strato deve essere immediatamente protetto.

Per la mano d'attacco sarà utilizzata emulsione a lenta rottura, eventualmente anche la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di bitume residuo di  $1,0 \text{ kg/m}^2$ , e successivo spargimento di graniglia o sabbia o filler.

Il trattamento di stabilizzazione deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai  $15^\circ\text{C}$  e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

### **g) Controlli**

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento e emulsione bituminosa deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e con prove in situ.

La frequenza dei controlli sarà di norma ogni  $5000 \text{ m}^2$  di superficie realizzata. La Direzione Lavori potrà variare in più o in meno il numero di controlli in relazione all'andamento dei lavori e/o a specifiche problematiche di cantiere avvalendosi di un laboratorio conto terzi.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. La granulometria della miscela di aggregati dovrà essere verificata su campioni prelevati prima dell'aggiunta dei leganti, all'impianto di produzione.

Sulla miscela con i leganti vengono determinate: la percentuale di bitume (per differenza tra la quantità di legante complessivo e la quantità di bitume contenuta nel fresato) e la percentuale d'acqua. Su provini confezionati con pressa giratoria vengono eseguite prove di resistenza a trazione indiretta e modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta secondo le stesse procedure indicate nello studio della miscela.

Sulle carote prelevate vengono determinati il peso di volume e lo spessore. Potranno inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati la resistenza a trazione indiretta (UNI EN 12697-23) e il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C) dopo ulteriore maturazione di 3 giorni a  $40^\circ\text{C}$ .

A compattazione ultimata la densità secca in sito, nel 95% dei punti controllati (con volumometro o prelievo di carote), non deve essere inferiore al 95% del valore di riferimento misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della massa volumica su provini asciutti sono effettuate secondo la norma (UNI EN 12697-6/procedura D).

Nella prova di trazione indiretta (UNI EN 12697-23) eseguita su carote o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a  $40^\circ\text{C}$  e successivamente, condizionati per 4 ore a  $25^\circ\text{C}$ , la Resistenza a Trazione Indiretta  $R_t$  non deve essere inferiore a  $0,35 \text{ N/mm}^2$  ed il Coefficiente di Trazione Indiretta CTI non deve essere inferiore a  $40 \text{ N/mm}^2$ .

Il modulo di rigidezza alla temperatura di  $20^\circ\text{C}$  determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di  $5 \pm 0,2 \text{ }\mu\text{m}$  su carote maturazione di 3 giorni a

40°C e su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40°C o dopo 28 giorni di maturazione a 20°C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3000 MPa.

A integrazione dei controlli precedenti possono essere eseguite prove con piastra dinamica leggera (dynamic plate-load test). Il modulo dinamico  $E_{vd}$  dopo la compattazione non deve essere inferiore a 70 MPa nel 90% dei punti analizzati. Le misure di modulo dinamico sono riportate alla temperatura di riferimento (25°C) applicando correzioni di un punto percentuale ogni grado centigrado di scostamento, incrementando il valore del modulo nel caso di misure effettuate a temperature maggiori di 25°C, diminuendolo nel caso di misure effettuate a temperature minori di 25°C.

L'attrezzatura impiegata deve essere equipaggiata con una massa battente da 10 kg che genera una forza di impatto di 7,07 kN con una durata dell'impulso di 18 ms su una piastra di diametro di 300 mm. La procedura di prova prevede l'applicazione di tre colpi successivi di cui vengono acquisite le deformazioni e, nota la tensione di carico applicata, la macchina restituisce automaticamente il risultato (modulo dinamico) definito come la media delle tre misurazioni. I tre colpi di prova devono essere preceduti da altri tre colpi in modo tale da ottenere un buon contatto tra il piatto di carico ed il suolo. La piastra di carico deve essere posizionata su un piano adeguatamente liscio con l'eventuale disposizione di sabbia monogranulare per livellare la superficie. Nei casi in cui non si realizzi un buon contattato tra piastra e pavimentazione oppure l'inclinazione del piano sia eccessiva (maggiore del 6%), si possono verificare degli spostamenti laterali che inficiano i risultati.

#### ***h) Penali***

La detrazione per carenza di spessore sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori. La detrazione corrisponderà a tre volte i punti percentuali di cui lo spessore dello strato differisce (in diminuzione) rispetto ai valori di progetto ammettendo una tolleranza massima del 7 %. Per esempio, se la differenza è del 10 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del  $(10 - 7) \cdot 3 \cdot 100 = 9 \%$ .

Qualora la differenza fosse inferiore o uguale al 7 % non sarà applicata nessuna detrazione. Se invece la differenza raggiungerà il 25 %, la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Quando possibile il conguagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente. Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.



## **Art. 32 - CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO BINDER TRADIZIONALE A CALDO**

Il conglomerato bituminoso è costituito da una miscela di inerti vergini (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido in impianti di tipo fisso automatizzati, posto in opera, per strati, mediante macchina vibrofinitrice e costipato. Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

### **a) Aggregati:**

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

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

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso ( $D > 4$  mm;  $d \geq 1$  mm) potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 25$	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 100$	C <sub>100/0</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 1$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	$\leq 1$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 25$	FI <sub>25</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>

Tabella A.1: aggregato grosso

La designazione dell'aggregato fine ( $D \leq 4$  mm;  $d = 0$  mm) dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	$\geq 70$	-
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 50$	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 2$	f <sub>2</sub>

Tabella A.2: aggregato fine

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 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 della norma UNI EN 13043.

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

Parametro	Metodo di prova	Unità di	Valori	Categoria
-----------	-----------------	----------	--------	-----------

		misura	richiesti	UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	38 ÷ 45	V <sub>38/45</sub>
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 ÷ 16	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16

Tabella A.3: filler

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A.1, A.2 ed A.3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati 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 non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori conto terzi. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevederà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

#### **b) Additivi:**

Nei conglomerati bituminosi per lo strato di binder, per migliorare la durabilità all'acqua, potranno essere impiegati degli additivi attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

#### **c) Bitume:**

Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alle 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 stagioni più calde mentre la classe 70/100 sarà raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

TIPO DI BITUME			50/70	70/100
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[mm · 10 <sup>-1</sup> ]	50 ÷ 70	70 ÷ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	46 ÷ 54	43 ÷ 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ - 8	≤ -10
Viscosità dinamica 160°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 ÷ 200	50 ÷ 200
Solubilità	UNI EN 12592	[%]	≥ 99	≥ 99
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 50	≥ 46
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 11	≤ 11

Tabella A.4: metodi di prova per bitume tradizionale

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12591.

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A.4 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

#### **d) Progetto della miscela:**

La miscela degli aggregati da adottarsi per la produzione del conglomerato bituminoso per lo strato di binder, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella A.5. La percentuale di bitume, riferita alla massa della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Per uno spessore dello strato compreso tra 8 e 12 cm si farà riferimento al fuso AC20, mentre per uno spessore dello strato compreso tra 4 e 8 cm si farà riferimento al fuso AC16.

FUSO GRANULOMETRICO		
Tipo di conglomerato bituminoso	AC20	AC16
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]	
32	100	-
22,4	-	100
20	90 ÷ 100	-
16	-	90 ÷ 100
10	56 ÷ 68	73 ÷ 85
4	37 ÷ 48	45 ÷ 56
2	23 ÷ 33	28 ÷ 38
0,5	11 ÷ 17	16 ÷ 24
0,25	6 ÷ 12	11 ÷ 18
0,063	4 ÷ 7	4 ÷ 8
BITUME RIFERITO ALLA MISCELA		
Contenuto di bitume [%]	4,0 ÷ 5,5	4,0 ÷ 5,5
I valori del contenuto di bitume sono riferiti alla massa della miscela. Tali valori devono essere, di volta in volta, adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2650/\rho_d$ , dove $\rho_d$ è la massa volumica media degli aggregati, in Mg/m <sup>3</sup> determinata secondo la norma UNI EN 1097-6.		

Tabella A.5: fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per strato di binder

La quantità di bitume di effettivo impiego (contenuto ottimo di bitume) deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico tramite compattatore giratorio (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23). Quando non possibile, in alternativa, si potrà utilizzare il metodo Marshall (UNI EN 12697-30, UNI EN 12697-34). Le miscele bituminose prodotte in laboratorio dovranno essere confezionate in accordo alla UNI EN 12697-35. Per ogni miscela bituminosa prodotta in laboratorio dovrà essere misurata la densità massima secondo la UNI EN 12697-5.

Secondo il metodo volumetrico (Tabella A.6), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali  $N_3$ . La densità di ogni provino compattato a  $N_3$  giri dovrà essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico). Il rapporto tra densità geometrica del provino a  $N_3$  giri e densità del provino paraffinato a  $N_3$  giri sarà usato come fattore correttivo di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta). La densità corretta e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5) saranno usate per il calcolo dei vuoti  $V_m$  del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti  $V_m$  calcolati secondo la UNI EN 12697-8 dovrà essere eseguita a tre livelli di compattazione:  $N_1$  (iniziale),  $N_2$  (intermedio),  $N_3$  (finale).

I vuoti nell'aggregato minerale  $VMA$  e i vuoti riempiti di bitume  $VFB$  dovranno essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione  $N_2$ .

La miscela di progetto dovrà verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella A.6.

CONDIZIONI DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione	[°]	UNI EN 12697-31	1,25 ± 0,02

Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100 (per AC16)
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	150 (per AC20)
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-35	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-35	140 ± 10
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Vuoti $V_m$ a 10 rotazioni ( $N_1$ )	[%]	UNI EN 12697-8	10 ÷ 14
Vuoti $V_m$ a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	3 ÷ 6
Vuoti nell'aggregato minerale VMA a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 13
Vuoti riempiti di bitume VFB a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	65 ÷ 80
Vuoti $V_m$ a 180 rotazioni ( $N_3$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (ITS)	[N/mm <sup>2</sup> ]	UNI EN 12697-23	0.75 ÷ 1.45
Coef. di trazione indiretta <sup>1</sup> a 25°C (CTI)	-	-	≥ 70
Sensibilità all'acqua (ITSR)	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80
<sup>1</sup> $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e $d_v$ è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo			

Tabella A.6: metodo volumetrico per bitume tradizionale

Nel caso in cui sia adottato il metodo Marshall, la miscela di progetto dovrà verificare i requisiti di Tabella A.7.

CONDIZIONE DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-30	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-30	140 ± 10
Energia di compattazione	[n° colpi/faccia]	UNI EN 12697-30	75
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura		Valori richiesti
Vuoti residui $V_m$	[%]	UNI EN 12697-8	4 ÷ 6
Stabilità Marshall	[kN]	UNI EN 12697-34	> 10
Rigidità Marshall	[kN/mm]	UNI EN 12697-34	3 ÷ 5
Perdita di stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	[%]	UNI EN 12697-34	≤ 25

Tabella A.7: metodo Marshall per bitume tradizionale

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (granulometria di progetto, tipo di bitume, contenuto di bitume) e i parametri volumetrici e meccanici in riferimento ai requisiti della miscela ottima risultante dallo studio di progetto.

***e) Formazione, confezione e posa in opera della miscela:***

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

La produzione di ciascun impianto non dovrà 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.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto.

La Direzione Lavori potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 160 e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

In cantiere, il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due vibrofinitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa cationica (C 60 B 4) per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa come sopra descritta.

Nel caso in cui il nuovo strato vada in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si dovrà provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e la sua spruzzatura con emulsione bituminosa come sopra descritta.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sovrapposti sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dai veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma, ecc...) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e/o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, non dovrà risultare inferiore a 140°C.

La stesa del conglomerato bituminoso dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate più un rullo gommato con almeno sette ruote e peso di almeno 12 tonnellate.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 tonnellate per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

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

Prima della realizzazione del binder è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche.

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare oppure un 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 e fornendo contemporaneamente 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 cationica a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C 55 B 5) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella A.9a, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

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

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9a.

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 5				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	[%]	45 ± 2	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	55 ± 2	4
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3

Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	120 ÷ 180	5
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[dmm]	≤ 100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	> 30	-

Tabella A.9a: caratteristiche emulsione bituminosa per mano di ancoraggio

Si definisce mano di attacco un'emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato in conglomerato bituminoso. Lo scopo della mano d'attacco è di evitare possibili scorrimenti relativi tra i due strati in successione, aumentando l'adesione all'interfaccia.

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

Prima della stesa della mano di attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

Nel caso la mano d'attacco venga applicata su uno strato di conglomerato bituminoso di nuova costruzione, il dosaggio dell'emulsione bituminosa deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>.

Nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente), l'impresa dovrà provvedere alla presigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di malta bituminosa sigillante o l'applicazione di emulsione bituminosa tamponata con sabbia (almeno un mese prima della realizzazione dello strato nuovo).

In tale caso (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

Nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida (designazione secondo UNI EN 13808: C 60 B 4).

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9b.

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

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B 4				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua % in peso	UNI EN 1428	[%]	40 ± 2	-
Contenuto bitume	UNI EN 1428	[%]	60 ± 2	5
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 130	4
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[dmm]	≤ 100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	> 40	-

Tabella A.9b : caratteristiche emulsione bituminosa per mano di attacco

Il conglomerato bituminoso verrà steso sul piano finito dello strato sottostante solo dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

### f) Controlli

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità.



L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori e per ciascun cantiere, la composizione e le caratteristiche meccaniche e volumetriche delle miscele che intende adottare; ciascuna deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Gli attestati di conformità CE dei componenti della miscela devono essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'impresa deve attenersi rigorosamente.

La Tabella A.10 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare la qualità del conglomerato bituminoso utilizzato e dei suoi componenti.

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE – strato di binder			
Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Aggregato grosso	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.1
Aggregato fine	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.2
Filler	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.3
Bitume	cisterna	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.4
Conglomerato bituminoso sfuso	vibrofinitrice	giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della DL	% bitume, granulometria aggregati estratti, caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Carote	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa o a discrezione della DL	spessore previsto da progetto, % di vuoti

Tabella A.10: controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso per lo strato di binder

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio o terzo laboratorio indicato dal Committente;
- uno deve restare a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N<sub>3</sub> giri per le verifiche volumetriche (Tabella A.6) e tre provini a N<sub>2</sub> giri per la verifica dei valori *ITS* e *CTI* (Tabella A.6).

In mancanza del compattatore giratorio, dovranno essere compattati tre provini con compattatore Marshall per la determinazione della percentuale dei vuoti (Tabella A.7) e tre provini per la determinazione della Stabilità e Rigidezza Marshall (Tabella A.7).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà le carote per la verifica degli spessori e dell'efficacia della compattazione in sito (percentuale di vuoti). Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (*ITS* e *CTI*). La percentuale di vuoti verrà determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso.



Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte.

### **g) Penali**

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La curva granulometrica riscontrata dopo estrazione di conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla curva granulometrica di progetto, dovrà rispettare le seguenti tolleranze.

Per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$ ; per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3\%$ ; al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5\%$ . Nel caso di non conformità la Direzione Lavori valuterà l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Per la percentuale di bitume, determinata da campioni relativi ai prelievi di conglomerato bituminoso sfuso, è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$  rispetto al valore dichiarato nello studio di progetto della miscela.

Per carenze nel contenuto di bitume riscontrato verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $25 \cdot b^2$ ; dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1 %) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,25 %.

Per esempio, se il contenuto di bitume riscontrato da estrazione è del 4,5 % e quello dichiarato da studio di progetto è del 5 %, la detrazione da applicare al prezzo del binder sarà pari a  $25 \cdot (|4,5 - 5| - 0,25)^2$  ovvero 1,6 %. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dal prelievo (materiale sciolto) precedente e la metà della distanza dal prelievo successivo (materiale sciolto) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La detrazione per carenza di spessore sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori. La detrazione corrisponderà a tre volte i punti percentuali di cui lo spessore dello strato differisce (in diminuzione) rispetto ai valori di progetto ammettendo una tolleranza massima del 7 %. Per esempio, se la differenza è del 10 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del  $(10 - 7) \cdot 3 \cdot 100 = 9\%$ .

Qualora la differenza fosse inferiore o uguale al 7 % non sarà applicata nessuna detrazione. Se invece la differenza raggiungerà il 25 %, la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Quando possibile il conguagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $2 \cdot s + s^2$ ; dove  $s$  è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare al prezzo di aggiudicazione dei lavori sarà pari a  $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$  ovvero del 15 %.

Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente. Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

### **Art. 33 - CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO BINDER A CALDO CON BITUME MODIFICATO**

Il conglomerato bituminoso con bitume modificato è costituito da una miscela di inerti vergini (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi) impastata a caldo con bitume semisolido modificato con polimeri in impianti di tipo fisso automatizzati.

Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

#### **a) Aggregati:**

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

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

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso ( $D > 4$  mm;  $d \geq 1$  mm) potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 25$	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 100$	C <sub>100/0</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 1$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	$\leq 1$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 25$	FI <sub>25</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>

Tabella A.1: aggregato grosso

La designazione dell'aggregato fine ( $D \leq 4$  mm;  $d = 0$  mm) dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	$\geq 70$	-

Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 50$	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 2$	f <sub>2</sub>

Tabella A.2: aggregato fine

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 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 della norma UNI EN 13043.

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

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	38 ÷ 45	V <sub>38/45</sub>
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 ÷ 16	$\Delta_{R\&B}8/16$

Tabella A.3: filler

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A.1, A.2 ed A.3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati 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 non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori conto terzi. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevederà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

#### ***b) Additivi:***

Nei conglomerati bituminosi per lo strato di binder, per migliorare la durabilità all'acqua, potranno essere impiegati degli additivi attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela.

L'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

#### ***c) Bitume modificato:***

La modifica del bitume tramite l'introduzione di polimeri permette enormi vantaggi sia dal punto di vista della resistenza meccanica che delle caratteristiche funzionali.

In generale i miglioramenti ottenuti dalla modifica con polimeri del bitume sono: maggiore resistenza alle deformazioni permanenti, maggiore resistenza a rottura, incremento delle proprietà elastiche, maggiore della viscosità del legante alle temperature di servizio, minore suscettibilità termica, maggiore flessibilità alle basse temperature, maggiore coesione alle alte temperature e maggiore resistenza all'acqua e allo spogliamento.

Il legante deve essere costituito da bitume modificato con polimeri elastomerici SBS che ne modificano la struttura fisica e le caratteristiche chimiche e meccaniche.

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

TIPO DI BITUME MODIFICATO			
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[mm · 10 <sup>-1</sup> ]	45 ÷ 80
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≥ 70
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ -12
Viscosità dinamica a 180°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 ÷ 200
Ritorno elastico a 25°, velocità 50 mm/min	UNI EN 13398	[%]	≥ 80
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1		
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 60
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 10

Tabella A.4: metodi di prova per bitume modificato

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 14023.

#### d) Progetto della miscela:

La miscela degli aggregati da adottarsi per la produzione del conglomerato bituminoso per lo strato di binder, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella A.5. La percentuale di bitume, riferita alla massa della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Per uno spessore dello strato compreso tra 8 e 12 cm si farà riferimento al fuso AC20, mentre per uno spessore dello strato compreso tra 4 e 8 cm si farà riferimento al fuso AC16.

FUSO GRANULOMETRICO		
Tipo di conglomerato bituminoso	AC20	AC16
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]	
32	100	-
22,4	-	100
20	90 ÷ 100	-
16	-	90 ÷ 100
10	56 ÷ 68	73 ÷ 85
4	37 ÷ 48	45 ÷ 56
2	23 ÷ 33	28 ÷ 38
0,5	11 ÷ 17	16 ÷ 24
0,25	6 ÷ 12	11 ÷ 18
0,063	4 ÷ 7	4 ÷ 8
BITUME RIFERITO ALLA MISCELA		
Contenuto di bitume [%]	4,0 ÷ 5,5	4,0 ÷ 5,5
I valori del contenuto di bitume sono riferiti alla massa della miscela. Tali valori devono essere, di volta in volta, adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2650/\rho_d$ dove $\rho_d$ è la massa volumica media degli aggregati, in Mg/m <sup>3</sup> determinata secondo la norma UNI EN 1097-6.		

Tabella A.5: fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per strato di binder

La quantità di bitume di effettivo impiego (contenuto ottimo di bitume) deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico tramite compattatore giratorio (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23). Quando non possibile, in alternativa, si potrà utilizzare il metodo Marshall (UNI EN 12697-30, UNI EN 12697-34). Le miscele bituminose prodotte in laboratorio dovranno essere confezionate in accordo alla UNI EN 12697-35. Per ogni miscela bituminosa prodotta in laboratorio dovrà essere misurata la densità massima secondo la UNI EN 12697-5.

Secondo il metodo volumetrico (Tabella A.6), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali  $N_3$ . La densità di ogni provino compattato a  $N_3$  giri dovrà essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico). Il rapporto tra densità geometrica del provino a  $N_3$  giri e densità del provino paraffinato a  $N_3$  giri sarà usato come fattore correttivo di tutte le densità geometriche registrate

durante il processo di compattazione (densità corretta). La densità corretta e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5) saranno usate per il calcolo dei vuoti  $V_m$  del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti  $V_m$  calcolati secondo la UNI EN 12697-8 dovrà essere eseguita a tre livelli di compattazione:  $N_1$  (iniziale),  $N_2$  (intermedio),  $N_3$  (finale).

I vuoti nell'aggregato minerale  $VMA$  e i vuoti riempiti di bitume  $VFB$  dovranno essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione  $N_2$ .

La miscela di progetto dovrà verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella A.6.

CONDIZIONI DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione	[°]	UNI EN 12697-31	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100 (per AC16)
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	150 (per AC20)
Temperatura di compattazione	[°C]	UNI EN 12697-35	170 ± 10
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Vuoti $V_m$ a 10 rotazioni ( $N_1$ )	[%]	UNI EN 12697-8	10 ÷ 14
Vuoti $V_m$ a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	3 ÷ 6
Vuoti nell'aggregato minerale $VMA$ a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 13
Vuoti riempiti di bitume $VFB$ a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	65 ÷ 80
Vuoti $V_m$ a 180 rotazioni ( $N_3$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C ( $ITS$ )	[N/mm <sup>2</sup> ]	UNI EN 12697-23	0,95 ÷ 1,85
Coef. di trazione indiretta <sup>1</sup> a 25°C ( $CTI$ )	-	-	≥ 80
Sensibilità all'acqua ( $ITSR$ )	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80
<sup>1</sup> $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e $d_v$ è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo			

Tabella A.6: metodo volumetrico per bitume tradizionale

Nel caso in cui sia adottato il metodo Marshall, la miscela di progetto dovrà verificare i requisiti di Tabella A.7.

CONDIZIONE DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-30	170 ± 10
Energia di compattazione	[n° colpi/faccia]	UNI EN 12697-30	75
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura		Valori richiesti
Vuoti residui $V_m$	[%]	UNI EN 12697-8	4 ÷ 6
Stabilità Marshall	[kN]	UNI EN 12697-34	> 11
Rigidità Marshall	[kN/mm]	UNI EN 12697-34	3 ÷ 6
Perdita di stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	[%]	UNI EN 12697-34	≤ 25

Tabella A.7: metodo Marshall per bitume tradizionale

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (granulometria di progetto, tipo di bitume, contenuto di bitume) e i parametri volumetrici e meccanici in riferimento ai requisiti della miscela ottima risultante dallo studio di progetto.

***e) Formazione, confezione e posa in opera della miscela:***

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

La produzione di ciascun impianto non dovrà 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.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto.

La Direzione Lavori potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 160 e 190°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

In cantiere, il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due vibrofinitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa cationica (C 60 B 4) per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa come sopra descritta.

Nel caso in cui il nuovo strato vada in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si dovrà provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e la sua spruzzatura con emulsione bituminosa come sopra descritta.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sovrapposti sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dai veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma, ecc...) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e/o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, non dovrà risultare inferiore a 150°C.

La stesa del conglomerato bituminoso dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate più un rullo gommato con almeno sette ruote e peso di almeno 12 tonnellate. Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 tonnellate per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

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

Prima della realizzazione del binder è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche.

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare oppure un 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 e fornendo contemporaneamente 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 cationica a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C 55 B 5) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella A.9a, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

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

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9a.

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 5				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	[%]	45 ± 2	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	55 ± 2	4
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	120 ÷ 180	5



Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[dmm]	≤ 100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	> 30	-

Tabella A.9a: caratteristiche emulsione bituminosa per mano di ancoraggio

Si definisce mano di attacco un'emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato in conglomerato bituminoso. Lo scopo della mano d'attacco è di evitare possibili scorrimenti relativi tra i due strati in successione, aumentando l'adesione all'interfaccia.

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

Prima della stesa della mano di attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

Nel caso la mano d'attacco venga applicata su uno strato di conglomerato bituminoso di nuova costruzione, il dosaggio dell'emulsione bituminosa deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>.

Nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente), l'impresa dovrà provvedere alla presigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di malta bituminosa sigillante o l'applicazione di emulsione bituminosa tamponata con sabbia (almeno un mese prima della realizzazione dello strato nuovo).

In tale caso (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

Nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida (designazione secondo UNI EN 13808: C 69 BP 4). Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9b.

EMULSIONE BITUMINOSA C 69 BP 4				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	[%]	31 ± 2	-
Contenuto bitume	UNI EN 1428	[%]	69 ± 2	8
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 130	4
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[dmm]	50 ÷ 70	-
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	> 65	-

Tabella A.9b: caratteristiche emulsione bituminosa per mano di attacco

Il conglomerato bituminoso verrà steso sul piano finito dello strato sottostante solo dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

### **f) Controlli**

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori e per ciascun cantiere, la composizione e le caratteristiche meccaniche e volumetriche delle miscele che intende adottare; ciascuna deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Gli attestati di conformità CE dei componenti della miscela devono essere consegnati alla Direzione



Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'impresa deve attenersi rigorosamente.

La Tabella A.10 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare la qualità del conglomerato bituminoso utilizzato e dei suoi componenti.

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE – strato di binder			
Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Aggregato grosso	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.1
Aggregato fine	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.2
Filler	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.3
Bitume	cisterna	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.4
Conglomerato bituminoso sfuso	vibrofinitrice	giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della DL	% bitume, granulometria aggregati estratti, caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Carote	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa o a discrezione della DL	spessore previsto da progetto, % di vuoti

Tabella A.10: controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso per lo strato di binder

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi laboratorio indicato dal Committente;
- uno deve restare a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N<sub>3</sub> giri per le verifiche volumetriche (Tabella A.6) e tre provini a N<sub>2</sub> giri per la verifica dei valori *ITS* e *CTI* (Tabella A.6).

In mancanza del compattatore giratorio, dovranno essere compattati tre provini con compattatore Marshall per la determinazione della percentuale dei vuoti (Tabella A.7) e tre provini per la determinazione della Stabilità e Rigidità Marshall (Tabella A.7).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà le carote per la verifica degli spessori e dell'efficacia della compattazione in sito (percentuale di vuoti). Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (*ITS* e *CTI*). La percentuale di vuoti verrà determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso.

Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte.

### g) Penali

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La curva granulometrica riscontrata dopo estrazione di conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla curva granulometrica di progetto, dovrà rispettare le seguenti tolleranze.

Per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5 \%$ ; per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3 \%$ ; al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5 \%$ . Nel caso di non conformità la Direzione Lavori valuterà l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Per la percentuale di bitume, determinata da campioni relativi ai prelievi di conglomerato bituminoso sfuso, è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25 \%$  rispetto al valore dichiarato nello studio di progetto della miscela.

Per carenze nel contenuto di bitume riscontrato verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $25 \cdot b^2$ ; dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1 %) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,25 %.

Per esempio, se il contenuto di bitume riscontrato da estrazione è del 4,5 % e quello dichiarato da studio di progetto è del 5 %, la detrazione da applicare al prezzo del binder sarà pari a  $25 \cdot (|4,5 - 5| - 0,25)^2$  ovvero 1,6 %. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dal prelievo (materiale sciolto) precedente e la metà della distanza dal prelievo successivo (materiale sciolto) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La detrazione per carenza di spessore sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori. La detrazione corrisponderà a tre volte i punti percentuali di cui lo spessore dello strato differisce (in diminuzione) rispetto ai valori di progetto ammettendo una tolleranza massima del 7 %. Per esempio, se la differenza è del 10 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del  $(10 - 7) \cdot 3 \cdot 100 = 9 \%$ .

Qualora la differenza fosse inferiore o uguale al 7 % non sarà applicata nessuna detrazione. Se invece la differenza raggiungerà il 25 %, la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Quando possibile il conguagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $2 \cdot s + s^2$ ; dove  $s$  è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare al prezzo di aggiudicazione dei lavori sarà pari a  $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$  ovvero del 15 %.

Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente. Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

### **Art. 34 - CONGLOMERATO BITUMINOSO TIPO BINDER RICICLATO A CALDO**

Il conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder è costituito da una miscela di inerti vergini (pietrischi, graniglie, sabbie e filler), eventuali additivi e conglomerato bituminoso di recupero (comunemente detto fresato), il tutto impastato con bitume a caldo in impianti di tipo fisso automatizzati.

Il contenuto di fresato deve essere inferiore al 20% sul volume degli inerti. Il conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e subito costipato tramite rulli.

La miscela impiegata dovrà essere qualificata in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

#### **a) Aggregati vergini e fresato:**

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo e sono composti da aggregati grossi, fini e filler proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

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

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni dei setacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043.

L'aggregato grosso ( $D > 4$  mm;  $d \geq 1$  mm) potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 25$	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 100$	C <sub>100/0</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 1$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	$\leq 1$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 25$	FI <sub>25</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>

Tabella A.1: aggregato grosso

La designazione dell'aggregato fine ( $D \leq 4$  mm;  $d = 0$  mm) dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	[%]	$\geq 70$	-
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 50$	-
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 2$	f <sub>2</sub>

Tabella A.2: aggregato fine

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 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 della norma UNI EN 13043.

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

Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	-	Non plastico	-
Porosità del filler secco compattato (Rigden)	UNI EN 1097-4	[%]	38 ÷ 45	V <sub>38/45</sub>
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	[°C]	8 ÷ 16	Δ <sub>R&amp;B</sub> 8/16

Tabella A.3: filler

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A.1, A.2 ed A.3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati 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 non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori conto terzi. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevederà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

Il conglomerato bituminoso di recupero (comunemente detto *fresato*) proviene dalla fresatura degli strati di rivestimento stradale in conglomerato bituminoso, dalla frantumazione di lastre in conglomerato bituminoso e da scarti di produzione e/o sovrapproduzione di conglomerato bituminoso (UNI EN 13108-8). Il contenuto di fresato deve essere inferiore al 20% sul volume degli inerti.

Al fine di omogeneizzare le caratteristiche del fresato, è raccomandato seguire un processo di frantumazione, vagliatura e divisione dello stesso in almeno due frazioni. Preferibilmente tali frazioni dovranno essere stoccate sotto coperture areate a protezione delle piogge e tali da favorire l'evaporazione dell'umidità. Inoltre è consigliato produrre le frazioni a seconda delle esigenze di utilizzo in impianto per evitare che, a eseguito del lungo stoccaggio, si generino placche.

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

Per lo strato di conglomerato bituminoso con riciclaggio a caldo tipo binder è possibile impiegare come materiale costituente il fresato proveniente da qualunque strato della sovrastruttura stradale, a patto che la dimensione massima degli aggregati nel fresato non sia superiore alla dimensione massima di riferimento per la miscela di conglomerato bituminoso da produrre. Per restare a favore di sicurezza, è raccomandabile vagliare il fresato per eliminare eventuali elementi di dimensioni superiori alla dimensione massima prevista per la miscela (setaccio più piccolo tra quelli che permettono il 100% di materiale passante).

La percentuale di fresato va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela di progetto che l'impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

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

Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

**b) Additivi:**

Gli additivi per riciclaggio a caldo sono prodotti che consentono di correggere le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel fresato in termini di proprietà di adesione, consistenza e viscosità, migliorando perciò le prestazioni del conglomerato bituminoso finale.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, in funzione del contenuto, tipo e caratteristiche di bitume presente nel fresato e dalle prestazioni del conglomerato bituminoso di progetto. In maniera indicativa il dosaggio dovrà essere compreso tra il 2% e il 7% in peso rispetto al bitume invecchiato presente nel fresato.

L'impresa aggiudicataria dell'appalto è tenuta a presentare alla Direzione Lavori la scheda tecnica e di sicurezza dell'additivo per l'identificazione delle proprie caratteristiche e le modalità di impiego.

In funzione dell'impiego, l'additivo per riciclaggio a caldo potrà essere disperso nel legante o spruzzato direttamente sul fresato, mediante attrezzature idonee a garantire l'esatto dosaggio e omogenea dispersione all'interno del conglomerato bituminoso.

L'additivo per riciclaggio a caldo impiegato deve presentare caratteristiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C).

**c) Bitume:**

Saranno utilizzati, a seconda della zona e del periodo di impiego, bitumi appartenenti alle 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 stagioni più calde mentre la classe 70/100 sarà raccomandata nelle stagioni più fredde. Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

TIPO DI BITUME			50/70	70/100
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[mm · 10 <sup>-1</sup> ]	50 ÷ 70	70 ÷ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	46 ÷ 54	43 ÷ 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ - 8	≤ -10
Viscosità dinamica 160°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 ÷ 200	50 ÷ 200
Solubilità	UNI EN 12592	[%]	≥ 99	≥ 99
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 50	≥ 46
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 11	≤ 11

Tabella A.4: metodi di prova per bitume tradizionale

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 12591.

Il possesso dei requisiti elencati nella tabella A.4 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

**d) Progetto della miscela:**

La miscela degli aggregati da adottarsi per la produzione del conglomerato bituminoso per lo strato di binder, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella A.5. La percentuale di bitume, riferita alla massa della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella. Per uno spessore dello strato compreso tra 8 e 12 cm si farà riferimento al fuso AC20, mentre per uno spessore dello strato compreso tra 4 e 8 cm si farà riferimento al fuso AC16.

FUSO GRANULOMETRICO

Tipo di conglomerato bituminoso	AC20	AC16
Apertura setacci UNI [mm]	Passante totale in peso [%]	
32	100	-
22,4	-	100
20	90 ÷ 100	-
16	-	90 ÷ 100
10	56 ÷ 68	73 ÷ 85
4	37 ÷ 48	45 ÷ 56
2	23 ÷ 33	28 ÷ 38
0,5	11 ÷ 17	16 ÷ 24
0,25	6 ÷ 12	11 ÷ 18
0,063	4 ÷ 10	4 ÷ 10
BITUME RIFERITO ALLA MISCELA		
Contenuto di bitume [%]	4,0 ÷ 5,7	4,0 ÷ 5,7
I valori del contenuto di bitume sono riferiti alla massa della miscela. Tali valori devono essere, di volta in volta, adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2650/\rho_d$ dove $\rho_d$ è la massa volumica media degli aggregati, in Mg/m <sup>3</sup> determinata secondo la norma UNI EN 1097-6.		

Tabella A.5: fuso di progetto e intervallo del contenuto di bitume per strato di binder

La quantità di bitume di effettivo impiego (contenuto ottimo di bitume) deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico tramite compattatore giratorio (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23). Quando non possibile, in alternativa, si potrà utilizzare il metodo Marshall (UNI EN 12697-30, UNI EN 12697-34). Le miscele bituminose prodotte in laboratorio dovranno essere confezionate in accordo alla UNI EN 12697-35. Per ogni miscela bituminosa prodotta in laboratorio dovrà essere misurata la densità massima secondo la UNI EN 12697-5.

Secondo il metodo volumetrico (Tabella A.6), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali  $N_3$ . La densità di ogni provino compattato a  $N_3$  giri dovrà essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico). Il rapporto tra densità geometrica del provino a  $N_3$  giri e densità del provino paraffinato a  $N_3$  giri sarà usato come fattore correttivo di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta).

La densità corretta e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5) saranno usate per il calcolo dei vuoti  $V_m$  del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti  $V_m$  calcolati secondo la UNI EN 12697-8 dovrà essere eseguita a tre livelli di compattazione:  $N_1$  (iniziale),  $N_2$  (intermedio),  $N_3$  (finale).

I vuoti nell'aggregato minerale  $VMA$  e i vuoti riempiti di bitume  $VFB$  dovranno essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione  $N_2$ .

La miscela di progetto dovrà verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati in Tabella A.6.

CONDIZIONI DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione	[°]	UNI EN 12697-31	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100 (per AC16)
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	150 (per AC20)
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-35	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-35	140 ± 10
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Vuoti $V_m$ a 10 rotazioni ( $N_1$ )	[%]	UNI EN 12697-8	10 ÷ 14
Vuoti $V_m$ a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	3 ÷ 6

Vuoti nell'aggregato minerale VMA a 100 rotazioni (N <sub>2</sub> )	[%]	UNI EN 12697-8	> 13
Vuoti riempiti di bitume VFB a 100 rotazioni (N <sub>2</sub> )	[%]	UNI EN 12697-8	65 ÷ 80
Vuoti V <sub>m</sub> a 180 rotazioni (N <sub>3</sub> )	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (ITS)	[N/mm <sup>2</sup> ]	UNI EN 12697-23	0.75 ÷ 1.45
Coef. di trazione indiretta <sup>1</sup> a 25°C (CTI)	-	-	≥ 70
Sensibilità all'acqua (ITSR)	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80
<sup>1</sup> $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e d <sub>v</sub> è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo			

Tabella A.6: metodo volumetrico per bitume tradizionale

Nel caso in cui sia adottato il metodo Marshall, la miscela di progetto dovrà verificare i requisiti di Tabella A.7.

CONDIZIONE DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-30	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-30	140 ± 10
Energia di compattazione	[n° colpi/faccia]	UNI EN 12697-30	75
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura		Valori richiesti
Vuoti residui V <sub>m</sub>	[%]	UNI EN 12697-8	4 ÷ 6
Stabilità Marshall	[kN]	UNI EN 12697-34	> 10
Rigidità Marshall	[kN/mm]	UNI EN 12697-34	3 ÷ 5
Perdita di stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	[%]	UNI EN 12697-34	≤ 25

Tabella A.7: metodo Marshall per bitume tradizionale

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (granulometria di progetto, tipo di bitume, contenuto di bitume) e i parametri volumetrici e meccanici in riferimento ai requisiti della miscela ottima risultante dallo studio di progetto.

***e) Formazione, confezione e posa in opera della miscela:***

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

La produzione di ciascun impianto non dovrà 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.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto.

La Direzione Lavori potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.



Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 160 e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

In cantiere, il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due vibrofinitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa cationica (C 60 B 4) per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa come sopra descritta.

Nel caso in cui il nuovo strato vada in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si dovrà provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e la sua spruzzatura con emulsione bituminosa come sopra descritta.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sovrapposti sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dai veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma, ecc...) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e/o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, non dovrà risultare inferiore a 140°C.

La stesa del conglomerato bituminoso dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.



La compattazione del conglomerato bituminoso dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem di almeno 8 tonnellate più un rullo gommato con almeno sette ruote e peso di almeno 12 tonnellate. Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 tonnellate per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

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

Prima della realizzazione del binder è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche.

A seconda che lo strato di supporto sia un misto granulare oppure un 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 e fornendo contemporaneamente 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 cationica a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C 55 B 5) rispondente alle specifiche indicate nella Tabella A.9a, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m<sup>2</sup>.

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

Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9a.

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 5				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	[%]	45 ± 2	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	[%]	55 ± 2	4
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	120 ÷ 180	5
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[dmm]	≤ 100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	> 30	-

Tabella A.9a: caratteristiche emulsione bituminosa per mano di ancoraggio

Si definisce mano di attacco un'emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato in conglomerato bituminoso. Lo scopo della mano d'attacco è di evitare possibili scorrimenti relativi tra i due strati in successione, aumentando l'adesione all'interfaccia.

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

Prima della stesa della mano di attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

Nel caso la mano d'attacco venga applicata su uno strato di conglomerato bituminoso di nuova costruzione, il dosaggio dell'emulsione bituminosa deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>.

Nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente), l'impresa dovrà provvedere alla presigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di malta bituminosa

sigillante o l'applicazione di emulsione bituminosa tamponata con sabbia (almeno un mese prima della realizzazione dello strato nuovo). In tale caso (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

Nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida (designazione secondo UNI EN 13808: C 60 B 4). Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9b.

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

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B 4				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua % in peso	UNI EN 1428	[%]	40 ± 2	-
Contenuto bitume	UNI EN 1428	[%]	60 ± 2	5
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 130	4
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[dmm]	≤ 100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	> 40	-

Tabella A.9b : caratteristiche emulsione bituminosa per mano di attacco

Il conglomerato bituminoso verrà steso sul piano finito dello strato sottostante solo dopo che sia stata accertata dalla D.L. la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

### **f) Controlli**

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità. L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori e per ciascun cantiere, la composizione e le caratteristiche meccaniche e volumetriche delle miscele che intende adottare; ciascuna deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Gli attestati di conformità CE dei componenti della miscela devono essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'impresa deve attenersi rigorosamente. La Tabella A.10 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare la qualità del conglomerato bituminoso utilizzato e dei suoi componenti.

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE – strato di binder			
Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Aggregato grosso	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.1
Aggregato fine	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.2
Filler	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.3
Bitume	cisterna	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.4
Conglomerato bituminoso sfuso	vibrofinitrice	giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della DL	% bitume, granulometria aggregati estratti, caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Carote	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa o a discrezione della DL	spessore previsto da progetto, % di vuoti

Tabella A.10: controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso per lo strato di binder

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi laboratorio indicato dal Committente;
- uno deve restare a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N<sub>3</sub> giri per le verifiche volumetriche (Tabella A.6) e tre provini a N<sub>2</sub> giri per la verifica dei valori *ITS* e *CTI* (Tabella A.6).

In mancanza del compattatore giratorio, dovranno essere compattati tre provini con compattatore Marshall per la determinazione della percentuale dei vuoti (Tabella A.7) e tre provini per la determinazione della Stabilità e Rigidezza Marshall (Tabella A.7).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà le carote per la verifica degli spessori e dell'efficacia della compattazione in sito (percentuale di vuoti). Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (*ITS* e *CTI*). La percentuale di vuoti verrà determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso.

Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte.

### g) Penali

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La curva granulometrica riscontrata dopo estrazione di conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla curva granulometrica di progetto, dovrà rispettare le seguenti tolleranze.

Per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$ ; per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3\%$ ; al passante al setaccio 0,063 mm si

applica una tolleranza del  $\pm 1,5$  %. Nel caso di non conformità la Direzione Lavori valuterà l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Per la percentuale di bitume, determinata da campioni relativi ai prelievi di conglomerato bituminoso sfuso, è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$  % rispetto al valore dichiarato nello studio di progetto della miscela.

Per carenze nel contenuto di bitume riscontrato verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $25 \cdot b^2$ ; dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1 %) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,25 %.

Per esempio, se il contenuto di bitume riscontrato da estrazione è del 4,5 % e quello dichiarato da studio di progetto è del 5 %, la detrazione da applicare al prezzo del binder sarà pari a  $25 \cdot (|4,5 - 5| - 0,25)^2$  ovvero 1,6 %. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dal prelievo (materiale sciolto) precedente e la metà della distanza dal prelievo successivo (materiale sciolto) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La detrazione per carenza di spessore sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori. La detrazione corrisponderà a tre volte i punti percentuali di cui lo spessore dello strato differisce (in diminuzione) rispetto ai valori di progetto ammettendo una tolleranza massima del 7 %. Per esempio, se la differenza è del 10 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del  $(10 - 7) \cdot 3 \cdot 100 = 9$  %.

Qualora la differenza fosse inferiore o uguale al 7 % non sarà applicata nessuna detrazione. Se invece la differenza raggiungerà il 25 %, la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di congruagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Quando possibile il congruagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $2 \cdot s + s^2$ ; dove  $s$  è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare al prezzo di aggiudicazione dei lavori sarà pari a  $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$  ovvero del 15 %.

Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente. Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

## **Art. 35 - TAPPETO DI USURA TRADIZIONALE A CALDO DI 1^ CATEGORIA**

Il tappeto di usura tradizionale a caldo è un conglomerato bituminoso, dosato a massa o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido e additivi.

Il tappeto di 1ª categoria si caratterizza per l'impiego di aggregati grossi di natura non carbonatica aventi elevata resistenza alla frammentazione ( $LA \leq 20$ ) ed alla levigabilità ( $PSV \geq 44$ ) per almeno il 30% sul volume degli inerti.

Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

### **a) Aggregati:**

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo.

Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043. L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1. La miscela granulare dovrà essere composta da almeno il 30% sul volume degli inerti da aggregati grossi di natura non carbonatica.

AGGREGATO GROSSO DI NATURA CALCAREA				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Dimensione Max	UNI EN 933-1	[mm]	14	-
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 25$	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 100$	C <sub>100/0</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 1$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	$\leq 1$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 25$	FI <sub>25</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>
AGGREGATO GROSSO DI NATURA NON CARBONATICA				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Dimensione Max	UNI EN 933-1	[mm]	14	-
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	-	$\geq 44$	PSV <sub>44</sub>
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 20$	LA <sub>20</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 100$	C <sub>100/0</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 1$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	$\leq 1$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 25$	FI <sub>25</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>

Tabella A.1

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima  $D = 4$  mm. L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità  $PSV \leq 42$  il trattenuto allo staccio 2 mm non deve superare il 20 %.

AGGREGATO FINE			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	$\geq 70\%$	-
Quantità di frantumato		$\geq 50\%$	-
Passante allo staccio 0.063 mm	UNI EN 933-1	$\leq 5\%$	f <sub>5</sub>

Tabella A.2

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 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 della norma UNI EN 13043.

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

FILLER			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	non plastico	-
Porosità del filler compatto secco (Rigden)	UNI EN 1097-4	38-45%	V <sub>38/45</sub>
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	8-16 °C	$\Delta_{R\&B}$ 8/16

Tabella A.3

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso.

Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore). Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso un laboratorio conto terzi. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevederà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

#### **b) 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.

Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

TIPO DI BITUME			50/70	70/100
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[mm · 10 <sup>-1</sup> ]	50 ÷ 70	70 ÷ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	46 ÷ 54	43 ÷ 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ - 8	≤ -10
Viscosità dinamica 160°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 ÷ 200	50 ÷ 200
Solubilità	UNI EN 12592	[%]	≥ 99	≥ 99
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 50	≥ 46
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 11	≤ 11

Tabella A.4

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del legante tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata dal produttore o da un laboratorio conto terzi.

#### c) Additivi:

Nei tappeti di usura, per migliorare la durabilità all'acqua, devono essere impiegati degli additivi attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela (tabelle A.1, A.6 e A.7). In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C).

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. La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume potranno essere verificati sulla miscela sfusa o sulle carote mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Per la taratura del sistema di prova, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta ad inviare alla Direzione Lavori, un campione dell'attivante d'adesione che intende utilizzare.

#### d) Miscele

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate.

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella A.5 (AC12 per spessore ≥ 4 cm; AC8 per spessore 3 cm). La percentuale di legante, riferita alla massa della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Serie stacci ISO		STRATO D'USURA	
	mm	AC 12	AC 8
Staccio	20.0	100	-
Staccio	12.0	90-100	100
Staccio	8.0	72-84	90-100
Staccio	6.3	-	75-88



Staccio	4.0	44-55	53-66
Staccio	2.0	26-36	30-43
Staccio	0.5	14-20	17-25
Staccio	0.25	10-15	11-17
Staccio	0.063	6-10	6-10
Contenuto di legante B (%)		4,7 – 5,6	4,9 – 5,8
I valori del contenuto di legante sono riferiti alla massa della miscela. Tali valori devono essere, di volta in volta, adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2650/\rho_d$ , dove $\rho_d$ , è la massa volumica media degli aggregati, in mg/mc, determinata secondo la norma UNI EN 1097-6.			

Tabella A.5

La quantità di bitume di effettivo impiego (contenuto ottimo di bitume) deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico tramite compattatore giratorio (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23). Quando non possibile, in alternativa, si potrà utilizzare il metodo Marshall (UNI EN 12697-30, UNI EN 12697-34).

Le miscele bituminose prodotte in laboratorio dovranno essere confezionate in accordo alla UNI EN 12697-35. Per ogni miscela bituminosa prodotta in laboratorio dovrà essere misurata la densità massima secondo la UNI EN 12697-5.

Secondo il metodo volumetrico (Tabella A.6), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N3. La densità di ogni provino compattato a N3 giri dovrà essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico). Il rapporto tra densità geometrica del provino a N3 giri e densità del provino paraffinato a N3 giri sarà usato come fattore correttivo di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta). La densità corretta e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5) saranno usate per il calcolo dei vuoti  $V_m$  del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti  $V_m$  calcolati secondo la UNI EN 12697-8 dovrà essere eseguita a tre livelli di compattazione: N1 (iniziale), N2 (intermedio), N3 (finale).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB dovranno essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N2.

La miscela di progetto dovrà verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati nella Tabella A.6.

CONDIZIONI DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione	[°]	UNI EN 12697-31	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-35	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-35	140 ± 10
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Vuoti $V_m$ a 10 rotazioni ( $N_1$ )	[%]	UNI EN 12697-8	10 ÷ 14
Vuoti $V_m$ a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	3 ÷ 6
Vuoti nell'aggregato minerale VMA a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 13
Vuoti riempiti di bitume VFB a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	65 ÷ 80



Vuoti $V_m$ a 180 rotazioni ( $N_3$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C ( $ITS$ )	[N/mm <sup>2</sup> ]	UNI EN 12697-23	0.75 ÷ 1.45
Coef. di trazione indiretta <sup>1</sup> a 25°C ( $CTI$ )	-	-	≥ 70
Sensibilità all'acqua ( $ITSR$ )	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80
<sup>1</sup> $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ dove D è il diametro del provino e $d_v$ è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo			

Tabella A.6

Nel caso in cui sia adottato il metodo Marshall, la miscela di progetto dovrà verificare i requisiti di Tabella A.7.

CONDIZIONE DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-30	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-30	140 ± 10
Energia di compattazione	[n° colpi/faccia]	UNI EN 12697-30	75
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura		Valori richiesti
Vuoti residui $V_m$	[%]	UNI EN 12697-8	4 ÷ 6
Stabilità Marshall	[kN]	UNI EN 12697-34	> 10
Rigidezza Marshall	[kN/mm]	UNI EN 12697-34	3 ÷ 5
Perdita di stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	[%]	UNI EN 12697-34	≤ 25

Tabella A.7

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (granulometria di progetto, tipo di bitume, contenuto di bitume) e i parametri volumetrici e meccanici in riferimento ai requisiti della miscela ottima risultante dallo studio di progetto.

#### **d) Formazione, confezione e posa in opera della miscela:**

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

La produzione di ciascun impianto non dovrà 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.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto.

La Direzione Lavori potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati.

Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura.

Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 160 e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

In cantiere, il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due vibrofinitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa cationica (C 60 B 4) per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa come sopra descritta.

Nel caso in cui il nuovo strato vada in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si dovrà provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e la sua spruzzatura con emulsione bituminosa come sopra descritta.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sovrapposti sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dai veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma, ecc...) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e/o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

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

L'impianto di confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere collocato di norma ad una distanza minore di 70 km dalla zona di stesa.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, non dovrà risultare inferiore a 140°C.

La stesa del conglomerato bituminoso dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem da 8 tonnellate e rullo gommato da almeno 12 tonnellate.

Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 tonnellate per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

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

Prima della realizzazione dello strato di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche.

Si definisce mano di attacco un'emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato in conglomerato bituminoso. Lo scopo della mano d'attacco è di evitare possibili scorrimenti relativi tra i due strati in successione, aumentando l'adesione all'interfaccia.

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

Prima della stesa della mano di attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

Nel caso la mano d'attacco venga applicata su uno strato di conglomerato bituminoso di nuova costruzione, il dosaggio dell'emulsione bituminosa deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>.

Nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente), l'impresa dovrà provvedere alla presigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di malta bituminosa sigillante o l'applicazione di emulsione bituminosa tamponata con sabbia (almeno un mese prima della realizzazione dello strato nuovo). In tale caso (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

Nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida (designazione secondo UNI EN 13808: C 60 B 4). Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9b.

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

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B 4				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua % in peso	UNI EN 1428	[%]	40 ± 2	-
Contenuto bitume	UNI EN 1428	[%]	60 ± 2	5
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 130	4
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[dmm]	≤ 100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	> 40	-

Tabella A.9b: caratteristiche emulsione bituminosa per mano di attacco

Il conglomerato bituminoso verrà steso sul piano finito dello strato sottostante solo dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

**e) Controlli:**

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità.

L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori e per ciascun cantiere, la composizione e le caratteristiche meccaniche e volumetriche delle miscele che intende adottare; ciascuna deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Gli attestati di conformità CE dei componenti della miscela devono essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'impresa deve attenersi rigorosamente.

La Tabella A.10 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare la qualità del conglomerato bituminoso utilizzato e dei suoi componenti.

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE – strato di binder			
Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Aggregato grosso	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.1
Aggregato fine	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.2
Filler	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.3
Bitume	cisterna	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.4
Conglomerato bituminoso sfuso	vibrofinitrice	giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della DL	% bitume, granulometria aggregati estratti, caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Carote	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa o a discrezione della DL	spessore previsto da progetto, % di vuoti
Superficie	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa o a discrezione della DL	BPN, regolarità

Tabella A.10: controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso per lo strato di usura

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi laboratorio indicato dal Committente;
- uno deve restare a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a  $N_3$  giri per le verifiche volumetriche (Tabella A.6) e tre provini a  $N_2$  giri per la verifica dei valori *ITS* e *CTI* (Tabella A.6).

In mancanza del compattatore giratorio, dovranno essere compattati tre provini con compattatore Marshall per la determinazione della percentuale dei vuoti (Tabella A.7) e tre provini per la determinazione della Stabilità e Rigidezza Marshall (Tabella A.7).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà le carote per la verifica degli spessori e dell'efficacia della compattazione in sito (percentuale di vuoti). Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (*ITS* e *CTI*).

La percentuale di vuoti verrà determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso.

Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte.

### **g) Penali**

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La curva granulometrica riscontrata dopo estrazione di conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla curva granulometrica di progetto, dovrà rispettare le seguenti tolleranze.

Per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5 \%$ ; per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3 \%$ ; al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5 \%$ . Nel caso di non conformità la Direzione Lavori valuterà l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Per la percentuale di bitume, determinata da campioni relativi ai prelievi di conglomerato bituminoso sfuso, è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25 \%$  rispetto al valore dichiarato nello studio di progetto della miscela.

Per carenze nel contenuto di bitume riscontrato verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $25 \cdot b^2$ ; dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1 %) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,25 %.

Per esempio, se il contenuto di bitume riscontrato da estrazione è del 4,5 % e quello dichiarato da studio di progetto è del 5 %, la detrazione da applicare al prezzo del binder sarà pari a  $25 \cdot (|4,5 - 5| - 0,25)^2$  ovvero 1,6 %. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dal prelievo (materiale sciolto) precedente e la metà della distanza dal prelievo successivo (materiale sciolto) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La detrazione per carenza di spessore sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori. La detrazione corrisponderà a tre volte i punti percentuali di cui lo spessore dello strato differisce (in diminuzione) rispetto ai valori di progetto ammettendo una tolleranza massima del 7 %. Per esempio, se la differenza è del 10 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del  $(10 - 7) \cdot 3 \cdot 100 = 9 \%$ .

Qualora la differenza fosse inferiore o uguale al 7 % non sarà applicata nessuna detrazione. Se invece la differenza raggiungerà il 25 %, la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Quando possibile il conguagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza

compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $2 \cdot s + s^2$ ; dove  $s$  è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare al prezzo di aggiudicazione dei lavori sarà pari a  $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$  ovvero del 15 %.

Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente. Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Nel periodo compreso tra 1 e 3 mesi dall'ultimazione della stesa verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di BPN (British Pendulum Number), inferiori a 60 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori del BPN (British Pendulum Number), inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

### ***Art. 36 - TAPPETO DI USURA A CALDO DI 1<sup>a</sup> CATEGORIA CON BITUME MODIFICATO***

Il tappeto di usura con bitume modificato a caldo è un conglomerato bituminoso, dosato a massa o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego e bitume semisolido modificato con polimeri.

Il tappeto di 1<sup>a</sup> categoria si caratterizza per l'impiego di aggregati grossi di natura non carbonatica aventi elevata resistenza alla frammentazione ( $LA \leq 20$ ) ed alla levigabilità ( $PSV \geq 44$ ) per almeno il 30% sul volume degli inerti.

Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

#### ***a) Aggregati:***

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo.

Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi).

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione.

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043. L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1. La miscela granulare dovrà essere composta da almeno il 30% sul volume degli inerti da aggregati grossi di natura non carbonatica.

AGGREGATO GROSSO DI NATURA CALCAREA				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Dimensione Max	UNI EN 933-1	[mm]	14	-
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 25$	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 100$	C <sub>100/0</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 1$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	$\leq 1$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 25$	FI <sub>25</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>
AGGREGATO GROSSO DI NATURA NON CARBONATICA				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Dimensione Max	UNI EN 933-1	[mm]	14	-
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	-	$\geq 44$	PSV <sub>44</sub>
Resistenza alla frammentazione	UNI EN 1097-2	[%]	$\leq 20$	LA <sub>20</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	[%]	$\geq 100$	C <sub>100/0</sub>
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	[%]	$\leq 1$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	[%]	$\leq 1$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	[%]	$\leq 25$	FI <sub>25</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	[%]	$\leq 2$	WA <sub>242</sub>

Tabella A.1

La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043.

Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima D = 4 mm.

L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2.

Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità PSV  $\leq 42$  il trattenuto allo staccio 2 mm non deve superare il 20 %.

AGGREGATO FINE			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	$\geq 70\%$	-



Quantità di frantumato		$\geq 50\%$	-
Passante allo staccio 0.063 mm	UNI EN 933-1	$\leq 5\%$	$f_5$

Tabella A.2

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 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 della norma UNI EN 13043.

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

FILLER			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	non plastico	-
Porosità del filler compatto secco (Rigden)	UNI EN 1097-4	38-45%	V <sub>38/45</sub>
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	8-16 °C	$\Delta_{R\&B}$ 8/16

Tabella A.3

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso.

Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore). Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore. Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso un laboratorio conto terzi. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevedrà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

#### **b) Legante:**

La modifica del bitume tramite l'introduzione di polimeri permette enormi vantaggi sia dal punto di vista della resistenza meccanica che delle caratteristiche funzionali.

In generale i miglioramenti ottenuti dalla modifica con polimeri del bitume sono: maggiore resistenza alle deformazioni permanenti, maggiore resistenza a rottura, incremento delle proprietà elastiche, maggiore della viscosità del legante alle temperature di servizio, minore suscettibilità termica, maggiore flessibilità alle basse temperature, maggiore coesione alle alte temperature e maggiore resistenza all'acqua e allo spogliamento.

Il legante deve essere costituito da bitume modificato con polimeri elastomerici SBS che ne modificano la struttura fisica e le caratteristiche chimiche e meccaniche.

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

TIPO DI BITUME MODIFICATO			
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[mm · 10 <sup>-1</sup> ]	45 ÷ 80
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	$\geq 70$
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	$\leq -12$
Viscosità dinamica a 180°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 ÷ 200
Ritorno elastico a 25°, velocità 50 mm/min	UNI EN 13398	[%]	$\geq 80$



Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1		
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 60
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 10

Tabella A.4: metodi di prova per bitume modificato

Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 14023.

**c) Additivi:**

Nei tappeti di usura, per migliorare la durabilità all'acqua, devono essere impiegati degli additivi attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela (tabelle A.1, A.6 e A.7). In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C). 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.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume potranno essere verificati sulla miscela sfusa o sulle carote mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Per la taratura del sistema di prova, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta ad inviare alla Direzione Lavori, un campione dell'attivante d'adesione che intende utilizzare.

**d) Miscele**

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate.

La miscela degli aggregati da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella A.5 (AC12 per spessore ≥ 4 cm; AC8 per spessore 3 cm). La percentuale di legante, riferita alla massa della miscela, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa Tabella A.5.

Serie stacci ISO		STRATO D'USURA	
	mm	AC 12	AC 8
Staccio	20.0	100	-
Staccio	12.0	90-100	100
Staccio	8.0	72-84	90-100
Staccio	6.3	-	75-88
Staccio	4.0	44-55	53-66
Staccio	2.0	26-36	30-43
Staccio	0.5	14-20	17-25
Staccio	0.25	10-15	11-17
Staccio	0.063	6-10	6-10
Contenuto di legante B (%)		4,7 – 5,6	4,9 – 5,8
I valori del contenuto di legante sono riferiti alla massa della miscela. Tali valori devono essere, di volta in volta, adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2650/\rho_a$ , dove $\rho_a$ è la massa volumica media degli aggregati, in mg/mc, determinata secondo la norma UNI EN 1097-6.			

Tabella A.5

La quantità di bitume di effettivo impiego (contenuto ottimo di bitume) deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico tramite compattatore giratorio (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23). Quando non possibile, in alternativa, si potrà utilizzare il metodo Marshall (UNI EN 12697-30, UNI EN 12697-34). Le miscele bituminose prodotte in laboratorio dovranno essere confezionate in accordo alla UNI EN 12697-35. Per ogni miscela bituminosa prodotta in laboratorio dovrà essere misurata la densità massima secondo la UNI EN 12697-5.

Secondo il metodo volumetrico (Tabella A.6), i provini devono essere compattati mediante compattatore giratorio ad un numero di giri totali N3.

La densità di ogni provino compattato a N3 giri dovrà essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico).

Il rapporto tra densità geometrica del provino a N3 giri e densità del provino paraffinato a N3 giri sarà usato come fattore correttivo di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta).

La densità corretta e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5) saranno usate per il calcolo dei vuoti  $V_m$  del provino durante il processo di compattazione. La verifica della percentuale dei vuoti  $V_m$  calcolati secondo la UNI EN 12697-8 dovrà essere eseguita a tre livelli di compattazione: N1 (iniziale), N2 (intermedio), N3 (finale).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB dovranno essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione N2.

La miscela di progetto dovrà verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati nella Tabella A.6.

CONDIZIONI DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione	[°]	UNI EN 12697-31	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-35	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-35	140 ± 10
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Vuoti $V_m$ a 10 rotazioni ( $N_1$ )	[%]	UNI EN 12697-8	10 ÷ 14
Vuoti $V_m$ a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	3 ÷ 6
Vuoti nell'aggregato minerale VMA a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 13
Vuoti riempiti di bitume VFB a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	65 ÷ 80
Vuoti $V_m$ a 180 rotazioni ( $N_3$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (ITS)	[N/mm <sup>2</sup> ]	UNI EN 12697-23	0,95 ÷ 1,85
Coef. di trazione indiretta <sup>1</sup> a 25°C (CTI)	-	-	≥ 70
Sensibilità all'acqua (ITSR)	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80
$CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot d_v}$ <div> <div>1</div> dove D è il diametro del provino e <math>d_v</math> è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo </div>			

Tabella A.6

Nel caso in cui sia adottato il metodo Marshall, la miscela di progetto dovrà verificare i requisiti di Tabella A.7.

CONDIZIONE DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-30	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-30	140 ± 10
Energia di compattazione	[n° colpi/faccia]	UNI EN 12697-30	75
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura		Valori richiesti
Vuoti residui $V_m$	[%]	UNI EN 12697-8	4 ÷ 6
Stabilità Marshall	[kN]	UNI EN 12697-34	> 11
Rigidezza Marshall	[kN/mm]	UNI EN 12697-34	3 ÷ 6
Perdita di stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	[%]	UNI EN 12697-34	≤ 25

Tabella A.7

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (granulometria di progetto, tipo di bitume, contenuto di bitume) e i parametri volumetrici e meccanici in riferimento ai requisiti della miscela ottima risultante dallo studio di progetto.

***d) Formazione, confezione e posa in opera della miscela:***

Il conglomerato bituminoso sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. La produzione di ciascun impianto non dovrà 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. L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La Direzione Lavori potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 160 e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

In cantiere, il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna.

Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una striscia alla precedente con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa cationica (C 60 B 4) per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa come sopra descritta. Nel caso in cui il nuovo strato vada in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si dovrà provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e la sua spruzzatura con emulsione bituminosa come sopra descritta.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sovrapposti sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dai veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma, ecc...) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e/o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, non dovrà risultare inferiore a 150°C. La stesa del conglomerato bituminoso dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem da 8 tonnellate e rullo gommato da almeno 12 tonnellate. Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 tonnellate per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

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

Prima della realizzazione dello strato di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche.

Si definisce mano di attacco un'emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato in conglomerato bituminoso. Lo scopo della mano d'attacco è di evitare possibili scorrimenti relativi tra i due strati in successione, aumentando l'adesione all'interfaccia.

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

Prima della stesa della mano di attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

Nel caso la mano d'attacco venga applicata su uno strato di conglomerato bituminoso di nuova costruzione, il dosaggio dell'emulsione bituminosa deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>.

Nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente), l'impresa dovrà provvedere alla presigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di malta bituminosa sigillante o l'applicazione di emulsione bituminosa tamponata con sabbia (almeno un mese prima della realizzazione dello strato nuovo). In tale caso (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

Nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida (designazione secondo UNI EN 13808: C 60 B 4). Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9b.

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

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B 4				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua % in peso	UNI EN 1428	[%]	40 ± 2	-
Contenuto bitume	UNI EN 1428	[%]	60 ± 2	5
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 130	4
Penetrazione a 25°C	UNI EN1426	[dmm]	≤ 100	-
Punto di rammollimento	UNI EN1427	[°C]	> 40	-

Tabella A.9b: caratteristiche emulsione bituminosa per mano di attacco

Il conglomerato bituminoso verrà steso sul piano finito dello strato sottostante solo dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

#### ***e) Controlli:***

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità.

L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori e per ciascun cantiere, la composizione e le caratteristiche meccaniche e volumetriche delle miscele che intende adottare; ciascuna deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.

Gli attestati di conformità CE dei componenti della miscela devono essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'impresa deve attenersi rigorosamente.

La Tabella A.10 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare la qualità del conglomerato bituminoso utilizzato e dei suoi componenti.

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE – strato di binder			
Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Aggregato grosso	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.1
Aggregato fine	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.2
Filler	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.3
Bitume	cisterna	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa o a discrezione della DL	Tabella A.4
Conglomerato bituminoso sfuso	vibrofinitrice	giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa o a discrezione della DL	% bitume, granulometria aggregati estratti, caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Carote	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa o a discrezione della DL	spessore previsto da progetto, % di vuoti
Superficie	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa o a discrezione della DL	BPN, regolarità

Tabella A.10: controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso per lo strato di usura

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un laboratorio conto terzi laboratorio indicato dal Committente;
- uno deve restare a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5).

Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N<sub>3</sub> giri per le verifiche volumetriche (Tabella A.6) e tre provini a N<sub>2</sub> giri per la verifica dei valori *ITS* e *CTI* (Tabella A.6).

In mancanza del compattatore giratorio, dovranno essere compattati tre provini con compattatore Marshall per la determinazione della percentuale dei vuoti (Tabella A.7) e tre provini per la determinazione della Stabilità e Rigidezza Marshall (Tabella A.7).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà le carote per la verifica degli spessori e dell'efficacia della compattazione in sito (percentuale di vuoti). Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (*ITS* e *CTI*). La percentuale di vuoti verrà determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso.

Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte.

### **g) Penali**

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La curva granulometrica riscontrata dopo estrazione di conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla curva granulometrica di progetto, dovrà rispettare le seguenti tolleranze.

Per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$ ; per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3\%$ ; al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5\%$ . Nel caso di non conformità la Direzione Lavori valuterà l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Per la percentuale di bitume, determinata da campioni relativi ai prelievi di conglomerato bituminoso sfuso, è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25\%$  rispetto al valore dichiarato nello studio di progetto della miscela.

Per carenze nel contenuto di bitume riscontrato verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $25 \cdot b^2$ ; dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1 %) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,25 %.

Per esempio, se il contenuto di bitume riscontrato da estrazione è del 4,5 % e quello dichiarato da studio di progetto è del 5 %, la detrazione da applicare al prezzo del binder sarà pari a  $25 \cdot (|4,5 - 5| - 0,25)^2$  ovvero 1,6 %. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dal prelievo (materiale sciolto) precedente e la metà della distanza dal prelievo successivo (materiale sciolto) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La detrazione per carenza di spessore sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori. La detrazione corrisponderà a tre volte i punti percentuali di cui lo spessore dello strato differisce (in diminuzione) rispetto ai valori di progetto ammettendo una tolleranza massima del 7 %. Per esempio, se la differenza è del 10 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del  $(10 - 7) \cdot 3 \cdot 100 = 9\%$ .

Qualora la differenza fosse inferiore o uguale al 7 % non sarà applicata nessuna detrazione. Se invece la differenza raggiungerà il 25 %, la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso. Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3. Quando possibile il conguagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $2 \cdot s + s^2$ ; dove  $s$  è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare al prezzo di aggiudicazione dei lavori sarà pari a  $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$  ovvero del 15 %.

Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente. Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Nel periodo compreso tra 1 e 3 mesi dall'ultimazione della stesa verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di BPN (British Pendulum Number), inferiori a 60 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori del BPN (British Pendulum Number), inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura. Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

### ***Art. 37 - TAPPETO DI USURA PIGMENTATO PER PAVIMENTAZIONI SPECIALI***

Il tappeto di usura pigmentato a caldo è un conglomerato bituminoso, dosato a massa o a volume, costituito da aggregati lapidei di primo impiego, bitume semisolido, pigmenti e additivi.

Il tappeto di 1<sup>a</sup> categoria si caratterizza per l'impiego di aggregati grossi di natura non carbonatica aventi elevata resistenza alla frammentazione ( $LA \leq 23$ ) ed alla levigabilità ( $PSV \geq 42$ ).

Le miscele impiegate dovranno essere qualificate in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13108-1.

#### **a) Aggregati:**

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi a caldo.

Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

Gli aggregati grossi e fini sono costituiti da elementi ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali (rocce, aggregati naturali tondeggianti, aggregati naturali a spigoli vivi). Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base più gruppo 2 della UNI EN 13043. L'aggregato grosso potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.1. Soddisfatti i requisiti geometrici e fisici, saranno preferibili aggregati di colorazione tendente al rosso.

AGGREGATO GROSSO			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	$\leq 23$	LA <sub>25</sub>
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	100 %	C <sub>100/0</sub>
Dimensione Max	UNI EN 933-1	14 mm	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	$\leq 1\%$	f <sub>1</sub>
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	$\leq 1\%$	F <sub>1</sub>
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	$\leq 20$	FI <sub>20</sub>
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	$\leq 2\%$	WA <sub>242</sub>
Valore di levigabilità	UNI EN 1097-8	$\geq 42$	PSV <sub>42</sub>

Tabella A.1



La designazione dell'aggregato fine dovrà essere effettuata secondo la norma UNI EN 13043. Per motivi di congruenza con le pezzature fini attualmente prodotte in Italia, è permesso l'impiego come aggregato fine anche di aggregati in frazione unica con dimensione massima  $D = 4$  mm. L'aggregato fine potrà essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella A.2. Qualora l'aggregato fine sia ottenuto dalla frantumazione di materiali naturali aventi valore di levigabilità  $PSV \leq 42$  il trattenuto allo staccio 2 mm non deve superare il 20 %.

AGGREGATO FINE			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	$\geq 70\%$	-
Quantità di frantumato		$\geq 50\%$	-
Passante allo staccio 0.063 mm	UNI EN 933-1	$\leq 5\%$	$f_5$

Tabella A.2

Il filler, frazione per la maggior parte passante allo staccio 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 della norma UNI EN 13043. Il filler deve inoltre soddisfare i requisiti indicati in Tabella A.3.

FILLER			
Parametro	Metodo di prova	Valori richiesti	Categoria UNI EN 13043
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	non plastico	-
Porosità del filler compatto secco (Rigden)	UNI EN 1097-4	38-45%	$V_{38/45}$
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	8-16 °C	$\Delta_{R\&B} 8/16$

Tabella A.3

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle A1, A2 ed A3 sarà verificato dalla Direzione Lavori in base ai valori riportati sugli attestati di conformità CE degli aggregati, relativi all'anno in corso. Gli attestati dovranno essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Il sistema di attestazione della conformità è quello specificato all'art. 7, comma 1, lettera B, procedura 3, del DPR n. 246/93 93 (Sistema 4: autodichiarazione del produttore).

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

Per i requisiti non dichiarati nell'attestato di conformità CE la Direzione Lavori richiederà la qualifica del materiale da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Per i requisiti contenuti nella UNI EN 13043 la qualifica prevederà sia le prove iniziali di tipo (ITT) che il controllo della produzione di fabbrica (FPC), come specificato dalla stessa UNI EN 13043.

b) 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.  
Le proprietà dei bitumi ed i relativi metodi di prova sono indicate nella Tabella A.4.

TIPO DI BITUME			50/70	70/100
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Valori richiesti
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[mm · 10 <sup>-1</sup> ]	50 ÷ 70	70 ÷ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	46 ÷ 54	43 ÷ 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	[°C]	≤ - 8	≤ -10
Viscosità dinamica 160°C	UNI EN 13302	[mPa · s]	50 ÷ 200	50 ÷ 200
Solubilità	UNI EN 12592	[%]	≥ 99	≥ 99
Resistenza all'invecchiamento RTFOT	UNI EN 12607-1			
Variazione di massa	UNI EN 12607-1	[%]	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	[%]	≥ 50	≥ 46
Variazione della temperatura di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	≤ 11	≤ 11

Tabella A.4

Ai fini dell'accettazione, almeno 15 giorni prima dell'inizio della posa in opera, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del legante tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per c/terzi.

#### c) Additivi:

Nei tappeti di usura, per migliorare la durabilità all'acqua, devono essere impiegati degli additivi attivanti d'adesione costituiti da sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume-aggregato.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto.

La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste per la miscela (tabelle A.1, A.6 e A.7).

In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni).

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.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume potranno essere verificati sulla miscela sfusa o sulle carote mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile (prova colorimetrica). Per la taratura del sistema di prova, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta ad inviare alla Direzione Lavori, un campione dell'attivante d'adesione che intende utilizzare.

#### d) Pigmenti

I pigmenti usati nella preparazione dei conglomerati bituminosi dovranno permettere una colorazione rossa del prodotto finale.

I pigmenti dovranno avere temperatura di fusione compresa tra gli 80 e 110 °C.

Il dosaggio dei pigmenti sarà compreso tra il 2 e il 6 % sul peso degli inerti in funzione della tonalità richiesta.

#### e) Miscele

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (target composition) delle miscele impiegate.

La miscela degli aggregati (escluso l'apporto del pigmento) da adottarsi per lo strato di usura, deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella A.5.

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

Serie stacci ISO		STRATO D'USURA		
	mm	AC 12	AC 10	AC 8
Staccio	20.0	100	-	-
Staccio	14	-	100	-
Staccio	12.0	90-100	-	100
Staccio	10.0	-	90-100	-
Staccio	8.0	72-84	75-87	90-100
Staccio	6.3	-	-	75-88
Staccio	4.0	44-55	44-58	53-66
Staccio	2.0	26-36	26-36	30-43
Staccio	0.5	14-20	14-20	17-25
Staccio	0.25	10-15	10-15	11-17
Staccio	0.063	6-10	6-10	6-10
Contenuto di legante B (%)		4,7 – 5,6	4,8 – 5,7	4,9 – 5,8
I valori del contenuto di legante sono riferiti alla massa della miscela. Tali valori devono essere, di volta in volta, adeguati agli aggregati utilizzati moltiplicandoli per il fattore: $a = 2650/\rho_d$ , dove $\rho_d$ , è la massa volumica media degli aggregati, in mg/mc, determinata secondo la norma UNI EN 1097-6.				

Tabella A.5

La quantità di bitume di effettivo impiego (contenuto ottimo di bitume) deve essere determinata mediante lo studio della miscela con il metodo volumetrico tramite compattatore girevole (UNI EN 12697-31, UNI EN 12697-23).

Quando non possibile, in alternativa, si potrà utilizzare il metodo Marshall (UNI EN 12697-30, UNI EN 12697-34).

Le miscele bituminose prodotte in laboratorio dovranno essere confezionate in accordo alla UNI EN 12697-35. Per ogni miscela bituminosa prodotta in laboratorio dovrà essere misurata la densità massima secondo la UNI EN 12697-5.

Secondo il metodo volumetrico (Tabella A.6), i provini devono essere compattati mediante compattatore girevole ad un numero di giri totali  $N_3$ .

La densità di ogni provino compattato a  $N_3$  giri dovrà essere misurata secondo quanto stabilito dalla UNI EN 12697-6 procedura C (massa volumica apparente, provino sigillato) e procedura D (massa volumica apparente con metodo geometrico).

Il rapporto tra densità geometrica del provino a  $N_3$  giri e densità del provino paraffinato a  $N_3$  giri sarà usato come fattore correttivo di tutte le densità geometriche registrate durante il processo di compattazione (densità corretta).

La densità corretta e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5) saranno usate per il calcolo dei vuoti  $V_m$  del provino durante il processo di compattazione.

La verifica della percentuale dei vuoti  $V_m$  calcolati secondo la UNI EN 12697-8 dovrà essere eseguita a tre livelli di compattazione:  $N_1$  (iniziale),  $N_2$  (intermedio),  $N_3$  (finale).

I vuoti nell'aggregato minerale VMA e i vuoti riempiti di bitume VFB dovranno essere calcolati secondo la UNI EN 12697-8 in riferimento al livello di compattazione  $N_2$ .

La miscela di progetto dovrà verificare i requisiti volumetrici e meccanici riportati nella Tabella A.6.

#### CONDIZIONI DI COMPATTAZIONE

Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Angolo di rotazione	[°]	UNI EN 12697-31	1,25 ± 0,02
Velocità di rotazione	[rotazioni/min]	UNI EN 12697-31	30
Pressione verticale	[kPa]	UNI EN 12697-31	600
Diametro della fustella	[mm]	UNI EN 12697-31	100
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-35	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-35	140 ± 10
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Vuoti $V_m$ a 10 rotazioni ( $N_1$ )	[%]	UNI EN 12697-8	10 ÷ 14
Vuoti $V_m$ a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	3 ÷ 6
Vuoti nell'aggregato minerale VMA a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 13
Vuoti riempiti di bitume VFB a 100 rotazioni ( $N_2$ )	[%]	UNI EN 12697-8	65 ÷ 80
Vuoti $V_m$ a 180 rotazioni ( $N_3$ )	[%]	UNI EN 12697-8	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C ( <i>ITS</i> )	[N/mm <sup>2</sup> ]	UNI EN 12697-23	0.75 ÷ 1.35
Coef. di trazione indiretta <sup>1</sup> a 25°C ( <i>CTI</i> )	-	-	≥ 70
Sensibilità all'acqua ( <i>ITSR</i> )	[%]	UNI EN 12697-12	≥ 80
<sup>1</sup> $CTI = \frac{\pi \cdot D \cdot ITS}{2 \cdot dv}$ dove D è il diametro del provino e $d_v$ è lo schiacciamento verticale registrato in corrispondenza del carico massimo			

Tabella A.6

Nel caso in cui sia adottato il metodo Marshall, la miscela di progetto dovrà verificare i requisiti di Tabella A.7.

CONDIZIONE DI COMPATTAZIONE			
Parametro	Unità di misura	Normativa di riferimento	Valori richiesti
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 50/70)	[°C]	UNI EN 12697-30	150 ± 10
Temperatura di compattazione (conglomerato bituminoso con bitume 70/100)	[°C]	UNI EN 12697-30	140 ± 10
Energia di compattazione	[n° colpi/faccia]	UNI EN 12697-30	75
PROPRIETÀ VOLUMETRICHE E MECCANICHE			
Parametro	Unità di misura		Valori richiesti
Vuoti residui $V_m$	[%]	UNI EN 12697-8	4 ÷ 6
Stabilità Marshall	[kN]	UNI EN 12697-34	> 10
Rigidezza Marshall	[kN/mm]	UNI EN 12697-34	3 ÷ 4,5
Perdita di stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	[%]	UNI EN 12697-34	≤ 25

Tabella A.7

Il produttore dovrà dichiarare la composizione tipica (granulometria di progetto, tipo di bitume, contenuto di bitume) e i parametri volumetrici e meccanici in riferimento ai requisiti della miscela ottima risultante dallo studio di progetto.

Il produttore dovrà presentare alla Direzione Lavori un campione della miscela compattato in lastra 30 × 30 × 4 cm<sup>3</sup> per apprezzarne il valore estetico.

d) Formazione, confezione e posa in opera della miscela:

Il conglomerato bituminoso sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. La produzione di ciascun impianto non dovrà 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.

L'impianto dovrà garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La Direzione Lavori potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione, nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che di eventuali additivi.

La produzione di conglomerato bituminoso pigmentato rosso dovrà essere eseguita senza alcuna modifica dell'impianto, della tecnica di lavorazione e delle macchine di posa in opera. Si suggerisce l'utilizzo del carbonato di calcio come filler d'apporto nel mix design e, per ottenere la massima resa del prodotto, sono consigliate temperature moderate di produzione ( $\leq 150^{\circ}\text{C}$ ). Il pigmento sarà inserito nel mescolatore dopo che gli aggregati saranno ricoperti da bitume (circa 10 s dopo l'inserimento del bitume). L'effetto cromatico può variare in funzione del materiale e della metodologia di lavorazione: si consiglia di eseguire sempre una prova industriale prima della produzione.

La zona destinata allo stoccaggio degli inerti sarà preventivamente e convenientemente scelta per evitare la contaminazione da sostanze argillose e ristagni di acqua che possono compromettere la pulizia degli aggregati. Inoltre i cumuli delle diverse classi dovranno essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra  $160$  e  $180^{\circ}\text{C}$  e quella del legante tra  $150$  e  $180^{\circ}\text{C}$  salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori in rapporto al tipo di bitume impiegato. Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo  $0,5\%$  in peso.

In cantiere, il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera del conglomerato bituminoso verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla Direzione Lavori in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di poter far variare la tecnologia ritenuta non opportuna. Le vibrofinitrici dovranno comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni, esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Durante la stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di due vibrofinitrici. Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa cationica (C 60 B 4) per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale (rettifica) con idonea attrezzatura e ad una successiva spruzzatura di emulsione bituminosa come sopra descritta. Nel caso in cui il nuovo strato vada in adiacenza ad uno strato esistente, prima della stesa si dovrà provvedere alla rettifica del bordo dello strato esistente e la sua spruzzatura con emulsione bituminosa come sopra descritta.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sovrapposti sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino tra loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dai veicoli pesanti.

Nel caso la lavorazione interessi tratti in cui siano presenti giunti di dilatazione (giunti a tampone, acciaio gomma, ecc...) per viadotti o ponti, la lavorazione deve essere complanare (mediante fresatura e/o rimozione del conglomerato adiacente al giunto) per avere una superficie viabile con elevate caratteristiche di planarità.

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

L'impianto di confezionamento del conglomerato bituminoso dovrà essere collocato di norma ad una distanza minore di 70 km dalla zona di stesa.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la vibrofinitrice, non dovrà risultare inferiore a 140°C.

La stesa del conglomerato bituminoso dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'impresa.

La compattazione del conglomerato bituminoso dovrà iniziare appena steso dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni. L'addensamento dovrà essere realizzato con un rullo vibrante tandem da 8 tonnellate. Potrà essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 tonnellate per le operazioni di rifinitura dei giunti e riprese.

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

Prima della realizzazione dello strato di usura è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione di una emulsione bituminosa aventi caratteristiche specifiche.

Si definisce mano di attacco un'emulsione bituminosa applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato in conglomerato bituminoso. Lo scopo della mano d'attacco è di evitare possibili scorrimenti relativi tra i due strati in successione, aumentando l'adesione all'interfaccia. Il dosaggio varia a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione.

Prima della stesa della mano di attacco l'impresa dovrà rimuovere tutte le impurità presenti.

Nel caso la mano d'attacco venga applicata su uno strato di conglomerato bituminoso di nuova costruzione, il dosaggio dell'emulsione bituminosa deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m<sup>2</sup>. Nel caso di ricariche (stesa sopra conglomerato esistente), l'impresa dovrà provvedere alla presigillatura di eventuali zone porose e/o fessurate mediante l'impiego di malta bituminosa sigillante o l'applicazione di emulsione bituminosa tamponata con sabbia (almeno un mese prima della realizzazione dello strato nuovo). In tale caso (stesa sopra conglomerato esistente) il dosaggio deve essere di 0,35 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo. Nel caso di stesa su pavimentazione precedentemente fresata il dosaggio deve essere di 0,40 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo.

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida (designazione secondo UNI EN 13808: C 69 BP 4). Le caratteristiche del materiale da impiegare sono riportate in Tabella A.9b.

EMULSIONE BITUMINOSA C 69 BP 4				
Parametro	Metodo di prova	Unità di misura	Valori richiesti	Classe UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	[%]	31 ± 2	-
Contenuto bitume	UNI EN 1428	[%]	69 ± 2	8
Sedimentazione a 7 giorni	UNI EN 12847	[%]	≤ 10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	-	70 ÷ 130	4

Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	[dmm]	50 ÷ 70	-
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	[°C]	> 65	-

Tabella A.9b: caratteristiche emulsione bituminosa per mano di attacco

Nel caso di doppi strati, la sovrapposizione dovrà avvenire nel minor tempo possibile, comunque nell'arco delle 24 ore successive, altrimenti sarà necessario applicare una mano di attacco di emulsione bituminosa rapida in ragione di 0,30 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo. Il conglomerato bituminoso verrà steso sul piano finito dello strato sottostante solo dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza del piano di posa ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

e) Controlli:

Il controllo della qualità del conglomerato bituminoso deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela, sulle carote estratte dalla pavimentazione e sulla superficie dello strato per verificarne le caratteristiche di accettabilità.

L'impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio dei lavori e per ciascun cantiere, la composizione e le caratteristiche meccaniche e volumetriche delle miscele che intende adottare; ciascuna deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Gli attestati di conformità CE dei componenti della miscela devono essere consegnati alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori. Una volta accettato dalla Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'impresa deve attenersi rigorosamente.

La Tabella A.10 mostra il tipo di campione, l'ubicazione, la frequenza dei prelievi e le prove che si devono eseguire per controllare la qualità del conglomerato bituminoso utilizzato e dei suoi componenti.

CONTROLLO DEI MATERIALI E VERIFICA PRESTAZIONALE – strato di usura			
Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Aggregato grosso	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella A.1
Aggregato fine	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella A.2
Filler	impianto	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella A.3
Bitume	cisterna	settimanale o ogni 2500 m <sup>3</sup> di stesa	Tabella A.4
Conglomerato bituminoso sfuso	vibrofinitrice	giornaliera o ogni 5000 m <sup>2</sup> di stesa	% bitume, granulometria aggregati estratti, caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Carote	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa	spessore previsto da progetto, % di vuoti

Pavimentazione	pavimentazione	ogni 250 m di fascia di stesa	BPN > 60
----------------	----------------	-------------------------------	----------

Tabella A.10: controlli da eseguire per il conglomerato bituminoso per lo strato di binder

Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni:

- uno utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti o da altro laboratorio indicato dal Committente;
- uno deve restare a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Per ogni campione di conglomerato bituminoso sfuso vengono determinate: la percentuale di bitume, la granulometria degli aggregati e la densità massima teorica (UNI EN 12697-5). Con lo stesso materiale dovranno essere compattati tre provini con compattatore giratorio a N<sub>3</sub> giri per le verifiche volumetriche (Tabella A.6) e tre provini a N<sub>2</sub> giri per la verifica dei valori *ITS* e *CTI* (Tabella A.6). In mancanza del compattatore giratorio, dovranno essere compattati tre provini con compattatore Marshall per la determinazione della percentuale dei vuoti (Tabella A.7) e tre provini per la determinazione della Stabilità e Rigidezza Marshall (Tabella A.7).

Dopo la stesa la Direzione Lavori preleverà le carote per la verifica degli spessori e dell'efficacia della compattazione in sito (percentuale di vuoti). Carote aggiuntive potranno essere prelevate a discrezione della Direzione Lavori per eventuali prove meccaniche (*ITS* e *CTI*). La percentuale di vuoti verrà determinata sulla base della densità massima teorica (calcolata o misurata) sul più vicino campionamento di conglomerato bituminoso sfuso o carota.

Lo spessore dello strato viene determinato facendo la media delle quattro altezze relative a due diametri ortogonali della circonferenza delle carote estratte.

f) Penali:

Per i materiali costituenti, le caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche della miscela e delle carote estratte, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato e le detrazioni da applicare.

La curva granulometrica riscontrata dopo estrazione di conglomerato bituminoso sciolto, in riferimento alla curva granulometrica di progetto, dovrà rispettare le seguenti tolleranze.

Per dimensione superiore o uguale a 4 mm si applica una tolleranza del  $\pm 5\%$ ; per dimensioni comprese tra 4 e 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 3\%$ ; al passante al setaccio 0,063 mm si applica una tolleranza del  $\pm 1,5\%$ . Nel caso di non conformità la Direzione Lavori valuterà l'accettabilità del conglomerato bituminoso.



Per la percentuale di bitume, determinata da campioni relativi ai prelievi di conglomerato bituminoso sfuso, è tollerato uno scostamento di  $\pm 0,25$  % rispetto al valore dichiarato nello studio di progetto della miscela.

Per carenze nel contenuto di bitume riscontrato verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $25 \cdot b^2$ ; dove  $b$  è il valore dello scostamento della percentuale di bitume (arrotondata allo 0,1 %) dal valore previsto nello studio della miscela, oltre la tolleranza dello 0,25 %. Per esempio, se il contenuto di bitume riscontrato da estrazione è del 4,5 % e quello dichiarato da studio di progetto è del 5 %, la detrazione da applicare al prezzo del binder sarà pari a  $25 \cdot (|4,5 - 5| - 0,25)^2$  ovvero 1,6 %.

La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dal prelievo (materiale sciolto) precedente e la metà della distanza dal prelievo successivo (materiale sciolto) moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La detrazione per carenza di spessore sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori. La detrazione corrisponderà a tre volte i punti percentuali di cui lo spessore dello strato differisce (in diminuzione) rispetto ai valori di progetto ammettendo una tolleranza massima del 7 %. Per esempio, se la differenza è del 10 % rispetto al valore di progetto, la penale sarà del  $(10 - 7) \cdot 3 \cdot 100 = 9$  %.

Qualora la differenza fosse inferiore o uguale al 7 % non sarà applicata nessuna detrazione. Se invece la differenza raggiungerà il 25 %, la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

In alternativa alla rimozione e ricostruzione, la Direzione Lavori potrà autorizzare la stesa di uno strato di conguagliamento (previa spruzzatura della mano di attacco) di spessore tale da consentire il raggiungimento lo spessore totale atteso.

Per la ricarica potrà essere impiegato conglomerato tipo binder o tipo tappeto di usura che non potrà comunque essere di spessore inferiore a cm 3.

Quando possibile il conguagliamento potrà essere realizzato incrementando lo spessore del sovrastante tappeto di usura purché questo non determini difficoltà di stesa e compattazione a causa di spessore eccessivo. La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

Per valori dei vuoti determinati sulle carote superiori al 8 % verrà applicata una detrazione percentuale al prezzo di aggiudicazione lavori del binder pari a  $2 \cdot s + s^2$ ; dove  $s$  è lo scostamento (eccedenza) dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite del 8 %. Per esempio se la percentuale dei vuoti rilevati dalla carota estratta è del 11 %, la detrazione da applicare al prezzo di aggiudicazione dei lavori sarà pari a  $2 \cdot (11 - 8) + (11 - 8)^2$  ovvero del 15 %. Per valori dei vuoti superiori al 12 % la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

La superficie a cui applicare la detrazione sarà calcolata considerando la lunghezza compresa tra la metà della distanza dalla carota precedente e la metà della distanza dalla carota successiva moltiplicato per la larghezza dell'intervento.

La superficie dello strato dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita dovrà aderirvi uniformemente.

Sarà tollerato uno scostamento massimo di 5 mm al di sopra del quale la Direzione Lavori potrà richiedere il rifacimento dello strato a completa cura e spese dell'Appaltatore.

Nel periodo compreso tra 6 e 12 mesi dall'ultimazione della stesa verrà inoltre misurata l'aderenza (resistenza di attrito radente) con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4.

Per valori di BPN (British Pendulum Number), inferiori a 60 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno.

Valori del BPN (British Pendulum Number), inferiori a 45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

Per le caratteristiche dei materiali costituenti, le proprietà volumetriche e meccaniche della miscela compattata in laboratorio non conformi a quelle richieste, la Direzione Lavori valuta l'accettabilità del conglomerato bituminoso.

Salvo casi particolari che andranno giudicati dalla Direzione Lavori, le penali precedentemente indicate sono cumulabili, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

### ***Art. 38 - MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY-SEAL" (MACRO-SEAL)***

Il microtappeto tipo "slurry seals" è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

L'impiego di macroseal deve essere previsto al fine di ripristinare una condizione di aderenza accettabile su tappeti con CAT < 45 o in particolari tratti ad elevata pericolosità (curve con raggi di curvatura piccoli, tratti in forte pendenza e /o tratte ad elevata incidentalità).

Per una sufficiente durata del macroseal (per durata si intende un mantenimento della superficie continuo senza "chiazze" o zone di espiazione della graniglia soprattutto sulla battuta dei pneumatici) è necessario avere un supporto (a meno di effettuare una rasatura) sufficientemente sano, cioè privo di lesioni, ragnatele o sfondamenti.

La malta è formata da una miscela di inerti basaltici particolarmente selezionati, impastati a freddo con una speciale emulsione bituminosa elastomerizzata.

La miscelazione e la stesa sono effettuate con una apposita macchina semovente ed il trattamento, che normalmente non richiede rullatura, può essere aperto al traffico quasi immediatamente.

#### **a) Inerti:**

Gli inerti, costituiti da una miscela di graniglia, sabbia e filler, con granulometria ben graduata e continua, devono soddisfare particolari requisiti di pulizia, poliedricità, resistenza meccanica, all'abrasione ed al levigamento.

Per l'aggregato grosso dovranno essere impiegati esclusivamente inerti frantumati di cava, con perdita in peso alla prova Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature (Norma UNI EN 1097-2), minore del 18% e non superiore al 16% per la massima pezzatura; inoltre resistenza alla levigatezza PSV determinato su tali pezzature dovrà essere uguale o maggiore di 44 (UNI EN 1097-8). L'indice di appiattimento (UNI EN 933-3) dovrà essere inferiore a 15%.

In caso di impiego di altri materiali (scorie, loppe, cromiti ecc) la Direzione Lavori si dovrà esprimere circa la fattibilità del lavoro.

L'aggregato fino sarà composto da sabbia di frantumazione.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi da cui è ricavata per frantumazione la sabbia dovrà avere alla prova Los Angeles, (Norma UNI EN 1097-2), eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

L'equivalente in sabbia determinato sulla sabbia o sulla miscela delle due dovrà essere maggiore od uguale all'80% (UNI EN 933-8).

#### **b) Additivi:**

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto precedente potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- alla prova UNI EN 933-10 dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

- setaccio UNI 2 mm passante in peso 100%
- setaccio UNI n. 0,125 passante in peso 85 - 100%
- setaccio UNI n. 0,063 passante in peso 70 - 100%

- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12): NP

- palla e anello (filler/bitume=1.5) (UNI EN 13179-1):  $\Delta R\&B > 5\%$

c) Miscele:

La miscela dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso di:

setacci UNI-EN	passante totale in peso % spessore 6-7 mm
setaccio 8	100
setaccio 4	50-80
setaccio 2	30-55
setaccio 0.25	12-24
setaccio 0,125	8-18
setaccio 0,063	5-10

Miscele con spessori finali diversi dovranno essere concordate di volta in volta con la Direzione Lavori.

d) Malta bituminosa:

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione di bitume modificato al 60% a rottura controllata (C60BP5), modificata con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsione opportunamente formulata per l'impiego.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà impiegare bitume di tipo 50/70 o 70/100. L'impiego di altri tipi di bitumi potrà essere autorizzato esclusivamente dalla Direzione Lavori.

I requisiti richiesti dal bitume elastomerizzato (residuo della distillazione) dovranno essere i seguenti:

- Penetrazione a 25°C	dmm	50-100	UNI EN 1426
- Punto di rammollimento	°C	> 60	UNI EN 1427
- Punto di rottura Fraass	°C	< -15	UNI EN 12593
- Ritorno elastico	%	> 50	UNI EN 13398

Dovranno essere impiegati additivi (es. dopes) complessi ed anche, se necessario cemento, per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli inerti, per intervenire sul tempo di rottura dell'emulsione e per permettere la perfetta miscelazione dei componenti della miscela.

Il loro dosaggio, ottimizzato con uno studio di laboratorio, sarà in funzione delle condizioni esistenti al momento dell'applicazione e specialmente in relazione alla temperatura ambiente e del piano di posa.

e) Composizione e dosaggi della miscela:

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

- Spessore minimo	mm.	6
- Dosaggio della malta	kg/mq.	8-20
- Dimensione max inerti	mm.	8
- Contenuto di bitume elastomerizzato residuo, in peso sugli inerti	%	6,0-9,0

f) Acqua:

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

g) Confezionamento e posa in opera:

Il confezionamento dell'impasto sarà realizzato con apposita macchina impastatrice-stenditrice semovente costituita essenzialmente da:

- serbatoio dell'emulsione bituminosa;
- tramoggia degli aggregati lapidei;

- tramoggia del filler;
- dosatore degli aggregati lapidei;
- nastro trasportatore;
- spruzzatore dell'emulsione bituminosa;
- spruzzatore dell'acqua;
- mescolatore;
- stenditore a carter.

Le operazioni di produzione e stesa devono avvenire in modo continuo, connesso alla velocità di avanzamento della motrice, nelle seguenti fasi:

- ingresso della miscela di aggregati e del filler nel mescolatore;
- aggiunta dell'acqua di impasto e dell'additivo;
- miscelazione ed omogeneizzazione della miscela di inerti e del suo grado di umidità;
- aggiunta dell'emulsione bituminosa;
- miscelazione ed omogeneizzazione dell'impasto;
- colamento dell'impasto nello stenditore a carter;
- distribuzione dell'impasto nello stenditore, stesa e livellamento.

Prima di iniziare la stesa del microtappeto si dovrà procedere ad una energica pulizia della superficie stradale oggetto del trattamento, manualmente o a mezzo di mezzi meccanici, tutti i detriti e le polveri dovranno essere allontanati.

In alcuni casi, a giudizio della Direzione Lavori, dovrà procedersi ad una omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la Direzione Lavori potrà ordinare, prima dell'apertura al traffico, una leggera saturazione dello "Slurry-seal" a mezzo di stesa di sabbia di frantoio (da 0,5 a 1 kg di sabbia per 1 m<sup>2</sup> di pavimentazione) ed eventualmente una modesta compattazione da eseguirsi con rulli in seguito specificati.

Al termine delle operazioni di stesa lo "Slurry-seal" dovrà presentare un aspetto regolare ed uniforme esente da imperfezioni (sbavature, strappi, giunti di ripresa), una notevolissima scabrosità superficiale, una regolare distribuzione degli elementi litoidi componenti la miscela, assolutamente nessun fenomeno di rifluimento del legante.

Deve inoltre presentare sufficiente macrotessitura da verificare ogni 100 m di stesa (HS > 0,50; BPN > 60).

Le misure di HS in continuo devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 90° ed il 120° giorno dall'apertura al traffico. Qualora il valore medio di BPN, e di HS, per ciascuna tratta omogenea valori prescritti, il trattamento superficiale viene penalizzato del 15% del suo costo.

Nei casi in cui il valore medio di BPN o di HS sia inferiore o uguale rispettivamente a 0,40 e 0,30 mm, l'Impresa è tenuta a sue spese ad eseguire l'asportazione completa del microtappeto a freddo e al rifacimento dello stesso.

In zone con sollecitazioni superficiali trasversali forti (curve ecc.) è opportuno che la malta bituminosa venga leggermente rullata prima dell'indurimento.

La rullatura dovrà essere effettuata con apposito rullo gommato leggero a simulazione del traffico veicolare munito anche di piastra riscaldante per favorire l'evaporazione dell'acqua contenuta nella miscela stessa.

L'apertura al traffico deve avvenire in modo graduale (tenendo bassa la velocità dei veicoli alla prima apertura) e dopo un tempo sufficiente per la completa rottura dell'emulsione.

Per la lavorazione la temperatura minima dell'aria è di 15°C ed è assolutamente vietata in caso di pioggia o di supporto bagnato o umido.

La produzione o la posa in opera dello "Slurry-seal" dovrà essere interrotta con temperatura dell'aria inferiore ai 15°C ed in caso di pioggia.

### ***Art. 39 - TRATTAMENTO SUPERFICIALE BITUMINOSO A FREDDO***

Il trattamento superficiale bituminoso a freddo viene eseguito mediante impregnazione con emulsione di sabbia e calce in unica fase, consistente in:

- stesa, previa pulizia, del piano da trattare con una mano di emulsione bituminosa acida al 60% di bitume puro in ragione di 2,00 Kg/mq. (emulsione a rottura rapida) per impermeabilizzazione sede stradale, contemporaneo spargimento di calce e/o sabbia della pezzatura da mm 0 a 4, proveniente dalla frantumazione meccanica di roccia dura, con percentuale di filler dal 10% al 15%, stesa a saturare le fessure presenti sulla pavimentazione con dosaggio in ragione di 1,00 Kg/mq. circa;
- rimozione della sabbia in eccesso con mezzo meccanico dotato di spazzolone fino ad avere una superficie pulita (eseguita dopo diverse ore a seconda della emulsione e sabbia usati);
- chiusura di buche con conglomerato bituminoso tipo tappetino 0/6 o 0/8 a mano o con mezzo meccanico facendo attenzione a non rimuovere lo strato superficiale precedentemente trattato;

Il trattamento è di norma eseguito su superfici stradali che presentano fessurazioni e “pelle di coccodrillo”, che pertanto soggette a notevoli infiltrazioni d'acqua.

L'esecuzione dei lavori inizia con la perfetta pulitura della superficie da trattare, e con la profilatura dei bordi strada a favorire il regolare deflusso delle acque meteoriche.

Di seguito si procede con autobotte a spargere emulsione bituminosa cationica al 60%, per circa 2 Kg/mq., a rottura rapida, e sabbia o calce per la sigillatura delle fessurazioni. La stesa di sabbia e/o calce deve essere eseguita a mano o con adeguato mezzo tipo spandigraniglia.

Dopo che l'emulsione bituminosa ha perso per evaporazione l'acqua (rottura) si procede all'eventuale rimozione dell'inerte in eccesso, alla chiusura delle buche a mano con conglomerato bituminoso tipo tappetino 0/6 o 0/8 per permettere il livellamento ottimale della strada.

Di seguito, previa stesa di mano d'attacco, si comincia la stesa del conglomerato bituminoso, nelle modalità e quantità previste in sede di progetto.

#### ***Art. 40 - PAVIMENTAZIONE DI STRADE STERRATE IN TRE MANI***

La pavimentazione di strade non asfaltate mediante trattamento di impregnazione con emulsione bituminosa, viene eseguita, previa bagnatura del piano da trattare, con stesa contemporanea in tre mani, come di seguito descritta:

- prima mano di emulsione a lenta rottura al 55% di bitume in ragione non inferiore a 2,5 kg/m<sup>2</sup> e del pietrischetto 8-12 in ragione di 15 l/m<sup>2</sup> e successiva rullatura;
- seconda mano di emulsione cationica al 70% di bitume 80-100 in ragione non inferiore a 1,5 kg/m<sup>2</sup> e del pietrischetto 8-12 in ragione di 10 l/m<sup>2</sup> e successiva rullatura;
- terza mano di emulsione cationica al 70% di bitume 80-100 in ragione non inferiore a 1,5 kg/m<sup>2</sup> e del pietrischetto 4-8 in ragione di 5 l/m<sup>2</sup> e successiva rullatura finale di assestamento.

#### ***Art. 41 - GEOCOMPOSITO***

I geocompositi prevedono un accoppiamento di un tessuto e una geogriglia e offrono i benefici di entrambe questi prodotti.

Il tessuto, assorbendo e trattenendo il bitume, permette una adeguata impermeabilizzazione e adesione del composito alla superficie stradale, mentre la geogriglia conferisce alta resistenza e rigidità ritardando e impedendo il progredire dello stato fessurativo.

La combinazione delle funzioni svolte da questi materiali li rendono particolarmente indicati per lavori di manutenzione stradale, quando viene fresata sola una parte del vecchio pacchetto bituminoso o quando occorre rinforzare i giunti di ancoraggio longitudinali o di sezioni ristrette o tra vecchia pavimentazione e strato di ricopertura.

Il geocomposito per il rinforzo, l'impermeabilizzazione ed il ripristino di pavimentazioni stradali deve essere costituito da un pacchetto bituminoso, accoppiato ad un velo di vetro di supporto, nel quale è integrata una griglia a base di fibra di vetro.

Il pacchetto bituminoso deve essere costituito da una miscela di bitume distillato modificato con elastomeri termoplastici SBS, resine idrocarboniche, compatibilizzanti sintetici e filler inerti stabilizzanti.

La griglia a base di fibra di vetro deve formare una armatura imputrescibile a maglie quadrate di dimensioni 12,5 mm x 12,5 mm.

Il geocomposito nel suo complesso deve essere un sistema solidale, autoadesivo, impermeabile, termicamente stabile, dotato di una ottima resistenza meccanica, elasticità e flessibilità anche alle basse temperature.

Il geocomposito deve essere fornito in rotoli (lunghezza 10 m, larghezza 1 m, a discrezione della direzione lavori potranno essere accettate o meno altre dimensioni) e consentire un'agevole e veloce posa in opera, facilmente maneggevole e con proprietà autoadesive. La parte autoadesiva inferiore deve essere protetta da un film siliconato da asportare durante la posa, mentre la faccia superiore deve essere trattata con inerte antiaderente o con un leggero tessuto non tessuto sintetico o con un film polimerico per consentire il transito dei mezzi da cantiere. Questi elementi poi devono essere assorbiti dal pacchetto bituminoso con il calore di posa del conglomerato bituminoso dello strato di ricopertura.

Il geocomposito deve essere facilmente fresabile, riciclabile e non è un rifiuto pericoloso.

Per la perfetta adesione di due strisciate affiancate deve essere prevista una fascia di sormonto adesiva protetta con film siliconato da asportare.

Il geocomposito deve presentare le caratteristiche tecniche riportate nella Tabella 1.

Caratteristiche tecniche	Norma di riferimento	Unità di misura	Valori nominali
Difetti visibili	UNI EN 1850-1	-	supera
Spessore	UNI EN 1849-1	mm	2,5
Impermeabilità all'acqua (metodo B)	UNI EN 1928	kPa	60 - supera
Resistenza a trazione longitudinale / trasversale (carico massimo)	UNI EN 12311-1	kN/m	40 / 40
Allungamento a rottura longitudinale / trasversale	UNI EN 12311-1	%	4 / 4
Resistenza al punzonamento statico - B	UNI EN 12730	kg	-
Flessibilità a freddo	UNI EN 1109	°C	- 25
Flessibilità a freddo dopo invecchiamento	UNI EN 1296 / UNI EN 1109	°C	- 15
Stabilità di forma a caldo	UNI EN 1110	°C	80
Stabilità di forma a caldo dopo invecchiamento termico	UNI EN 1296 / UNI EN 1110	°C	70

Tabella1. Caratteristiche tecniche del geocomposito

Il geocomposito deve essere steso su uno strato di conglomerato bituminoso (nuovo, vecchio o fresato).

Per conglomerato bituminoso nuovo si intende uno strato di base, binder o di risagomatura.

Prima dell'applicazione del geocomposito è raccomandata la mano d'attacco con emulsione bituminosa solo nel caso in cui il piano di posa è una superficie fresata o un vecchio conglomerato bituminoso molto abraso con dosaggio variabile tra 0,3 e 0.45 kg/m<sup>2</sup> di bitume residuo a seconda delle asperità del piano di posa.

Dopo l'applicazione del geocomposito verrà steso il nuovo conglomerato bituminoso, uno o più strati, con spessore minimo di 5 cm in zone soggette a forti sforzi di taglio e negli altri casi spessore minimo di 4 cm.

#### ***Art. 42 - CORDONATA IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO***

Ai bordi tra carreggiata di transito e l'eventuale banchina centrale spartitraffico verranno costruite delle cordonate in elementi prefabbricati in calcestruzzo:

- gli elementi avranno sezione indicata dalla Direzione Lavori;
- gli elementi saranno di norma lunghi cm. 100 salvo nei tratti di curva a stretto raggio o casi particolari per i quali la Direzione Lavori potrà richiedere dimensioni minori. I due bordi superiori saranno arrotondati con raggio di 1 cm.

Il calcestruzzo sarà dosato a 3,5 q.li di cemento tipo 325 per mc. di calcestruzzo finito, con la osservanza, nella sua confezione, delle norme di cui all'articolo del presente Capitolato. L'assortimento degli inerti varierà con curva regolare da mm. 20 a 0.

La resistenza minima a flessione a 28 giorni dovrà risultare non inferiore ai Kg. 40/cm<sup>2</sup>.

Gli elementi verranno posati su un letto di calcestruzzo dosato a 2 q.li di cemento tipo 325 per mc. di calcestruzzo finito. I cordoli verranno rinfianciati per tutta la loro lunghezza, sul fianco rivolto verso l'interno della banchina spartitraffico con il calcestruzzo di allettamento, ed il rinfianco giungerà, con scarpa a 45°, sino a 9 cm. dal bordo superiore della cordonata.

Il vano risultante dal taglio della pavimentazione è compreso tra la pavimentazione stessa ed il cordolo, verrà intasato con conglomerato bituminoso o pietrischetto bitumato di miscela prescritta dalla Direzione Lavori, fortemente costipato con pestello, e tale da garantire l'assoluta continuità fra pavimentazione e cordonata.

Gli elementi di cordolo verranno posati attestati, lasciando fra le teste contigue lo spazio di cm. 0,5. Tale spazio verrà riempito di malta cementizia dosata a 350 Kg. di cemento tipo 325 per mc. di sabbia.

In corrispondenza degli scambi di carreggiata le cordonate a cuspidi di delimitazione della zona di transito, verranno realizzate di getto secondo i disegni e le prescrizioni che verranno fornite dalla Direzione Lavori.

### ***Art. 43 - SISTEMAZIONE CON TERRENO DELLE AIUOLE SPARTITRAFFICO***

Le aiuole spartitraffico contenute fra i cordoli di delimitazione di carreggiata, verranno sistemate con una coltre vegetativa, ottenuta con terreno avente caratteristiche fisiche e chimiche tali da garantire un sicuro attecchimento e sviluppo di prato stabile.

Il terreno sarà sagomato secondo i disegni, e potrà provenire dallo scavo di scoticamento ovvero, in difetto di questo, da idonea cava di prestito.

### ***Art. 44 - PIETRAME E CIOTTOLAME PER DRENAGGI IN OPERA***

I drenaggi dovranno essere formati con pietrame e ciottoli da collocarsi in opera su terreni ben costipati al fine di evitare cedimenti.

Il materiale sarà posto a mano con i necessari accorgimenti in modo da evitare futuri assestamenti. Si dovrà impiegare, per gli strati inferiori il materiale di maggiori dimensioni e per l'ultimo strato superiore materiale più fino (ghiaia o pietrisco) per impedire alla terra sovrastante di penetrare o scendere otturando così gli interstizi fra le pietre.

Qualora il drenaggio dovesse essere coperto con terra, questa dovrà essere convenientemente pigiata sull'ultimo strato di pietrisco o ghiaia così da creare uno spessore di maggiore impermeabilità.

### ***Art. 45 - MALTE E CONGLOMERATI***

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni, salvo diversa indicazione stabilita nell'elenco prezzi di progetto:

- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| a) malta comune: Calce spenta in pasta mc. 0,25 : 0,40  | Sabbia mc. 0,85 : 1,00               |
| b) malta cementizia per murature: Cemento tipo Portland q.li 3                                  | Sabbia mc. 1,00                      |
| c) malta cementizia per intonaci: Cemento tipo Portland q.li 1,5                                | Sabbia mc. 1,00                      |
| Calce spenta in pasta mc. 0,25  |                                      |
| d) calcestruzzo comune: Cemento tipo Portland q.li 3,0  | Sabbia q.li 0,400                    |
| Pietrisco o ghiaia q.li 0,800   |                                      |
| e) conglomerato cementizio con cemento tipo Portland, per c.a.: Cemento a lenta presa, tipo 425 |                                      |
| q.li 3,0  | Sabbia mc. 0,400                     |
|   | Pietrisco o ghiaia mc. 0,800         |
| f) conglomerato cementizio con cemento ad alta resistenza per cemento armato: Cemento tipo 425  |                                      |
| q.li 3,5  | Sabbia mc. 0,400                     |
|   | Pietrisco o pietrischetto mc. 0,800. |

## ***Art. 46 - PAVIMENTAZIONE IN CUBETTI DI PIETRA***

Le pavimentazioni saranno costituite da cubetti di porfido o di porfiroide o di sienite o di erite o arenaria o di altre rocce idonee, nell'assortimento che verrà di volta in volta indicato dalla Direzione Lavori, e posti in opera come specificato in seguito.

### **a) Materiali:**

La Direzione Lavori potrà richiedere che vengano impiegati cubetti di porfido dell'Alto Adige.

Qualora vengano espressamente autorizzate l'utilizzo di materiale diverso, i cubetti dovranno possedere gli stessi requisiti di quelli di cui sopra.

La sabbia per la formazione del letto di posa e per il riempimento dei giunti, dovrà essere adeguata al tipo di strada e traffico e concordata con la Direzione Lavori.

Il cemento, miscelato a secco con la sabbia per il letto di posa dei cubetti, ed anche per la boiacca di chiusura alla pavimentazione in cubetti, dovrà essere di normale resistenza 325.

La segatura provverrà preferibilmente da legni quali il Pino o il Larice in ogni caso non da legni esotici.

### **b) Posa in opera:**

I cubetti saranno posti in opera su una fondazione in precedenza predisposta e con l'interposizione di uno strato di sabbia premiscelata a secco con cemento (q.li 3 a mc. di sabbia) dello spessore sciolto minimo di cm. 6, massimo di cm. 10.

I cubetti potranno essere posati ad "arco contrastante", a "ventaglio", a "cerchio", a "coda di pavone", a "spina di pesce in diagonale" o a "filari diritti", come indicato dalla Direzione Lavori.

Per i cubetti di porfido dell'Alto Adige si useranno come piani di posa e di marcia le due facce parallele corrispondenti alle fessurazioni naturali della roccia; per gli altri si dovrà scegliere come faccia di marcia quella più regolare.

I cubetti dovranno essere posti in opera perfettamente accostati gli uni agli altri in modo che i giunti risultino della larghezza massima da 1 a 2 cm a seconda del tipo. Verrà quindi disposto uno strato di sabbia e cemento sufficiente a colmare le fughe dopo di che si provvederà alla bagnatura e alla contemporanea battitura con adeguato vibratore meccanico.

I cubetti che a lavorazione ultimata apparissero rotti o deteriorati o eccessivamente porosi, stentando per esempio ad asciugarsi dopo la bagnatura, dovranno essere sostituiti, a cura e spese dell'Impresa con materiale sano.

La posa dei cubetti dovrà essere fatta nel modo più accurato così che i giunti risultino il più possibile serrati e sfalsati di corso in corso, gli archi perfettamente regolari e in modo da assicurare, dopo energica battitura, la perfetta stabilità e regolarità del piano viabile.

La pavimentazione ultimata dovrà corrispondere esattamente alle quote e alle livellette di progetto o stabilite dalla Direzione dei Lavori, non presentare in nessuna parte irregolarità o depressioni superiori a 1 cm. rispetto ad un'asta rettilinea della lunghezza di 3 metri appoggiata longitudinalmente sul manto.

Le pendenze longitudinali o trasversali per lo smaltimento delle acque meteoriche dovranno essere al minimo dell'1,5 %.

### **c) Sigillatura dei giunti:**

A completamento della pavimentazione in cubetti di pietra si procede alla sigillatura dei giunti, da eseguire con boiacca cementizia preparata con una miscela di parti uguali di sabbia fine, cemento e acqua che si dovrà stendere sul pavimento preventivamente inumidito, in modo da penetrare completamente in ogni giuntura.

Si dovrà lasciare riposare tale boiacca fino a che la stessa abbia iniziato il processo di presa e, con getto d'acqua a pressione, si dovrà togliere la parte più grossa che ricopre la pavimentazione.

Infine si procederà alla completa ed accurata pulizia del pavimento con 2 o 3 passaggi di segatura prima bagnata e poi asciutta. E' essenziale che la sigillatura avvenga in tempi brevi, subito dopo la posa dei cubetti, possibilmente ancora in giornata.



## ***Art. 47 - SPECIFICHE TECNICHE RELATIVE ALLA CONFORMITÀ DELLA SEGNALETICA VERTICALE ED ORIZZONTALE***

Tutti i segnali devono essere rigorosamente conformi alle forme, dimensioni, colori, simboli e caratteristiche prescritte dal regolamento di esecuzione del Codice della Strada approvato con D.P.R. del 16/12/1992 n. 495 e come modificato dal D.P.R. 16/09/1996 n. 610.

Con la contabilità finale l'Appaltatore dovrà consegnare, ai sensi della circolare ministeriale LL.PP. 16/05/1996:

1) una dichiarazione impegnativa, debitamente sottoscritta, nella quale, sotto la propria responsabilità, indicherà i nomi commerciali e gli eventuali marchi di fabbrica dei materiali e dei manufatti utilizzati per la fornitura;

2) copia dei certificati, redatti secondo quanto prescritto dalla normativa vigente, attestanti la conformità delle pellicole retroriflettenti ai requisiti del disciplinare tecnico approvato con D.M. del 31/03/1995;

3) copia delle certificazioni di qualità rilasciate da organismi accreditati secondo le norme UNI EN 45000 sulla base delle norme europee della serie UNI EN 29000, al produttore dei supporti in composito di resine e delle pellicole retroriflettenti utilizzate per la fornitura secondo quanto dichiarato al punto 1.

Le copie delle certificazioni dovranno essere identificate a cura dei produttori dei supporti e delle pellicole stesse con gli estremi della ditta richiedente, nonché della data del rilascio della copia non antecedente alla data della convenzione e da un numero di individuazione.

a. copia del certificato di qualità UNI EN ISO 29000 del costruttore di segnaletica;

b. certificato di conformità al piano della qualità di prodotto circ. min. LL.PP. n° 3652 del 17/06/98 rilasciato al costruttore di segnaletica;

4) in alternativa ai punti 1-2-3 potrà essere presentato in copia autentica anche il solo certificato di autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che ne garantisce la conformità alla norma europea UNI EN 12899-1:2008 e ne autorizza la sua produzione.

La presentazione di documenti incompleti o insufficienti o la non rispondenza degli stessi alle norme vigenti e/o a quelle particolari contenute nella presente nota comporterà l'impossibilità da parte dell'Ente Appaltante della presa in consegna delle opere realizzate;

5) dichiarazione di conformità delle segnalazioni orizzontali alla norma europea UNI 1436/2004; in mancanza di detta dichiarazione di conformità non sarà possibile la presa in consegna delle opere da parte dell'Ente Appaltante.

Caratteristiche Tecniche del Colato Plastico a freddo bicomponente a base di resine metacriliche esenti da solventi:

Coefficiente di luminanza retroriflessa	$\geq 100$ mm. cd/lux
Misura della resistenza di attrito radente con il pendolo portatile Skid Resistent Tester	$> 45$
Punto di infiammabilità del prodotto applicato	$> 250^{\circ}\text{C}$
Resistenza alle escursioni termiche	da $-20^{\circ}\text{C}$ a $+80^{\circ}\text{C}$
Residuo secco del prodotto indurito rispetto al prodotto allo stato liquido	$\geq 98\%$
Tempo di indurimento a $20^{\circ}\text{C}$	15 minuti
Contenuto in biossido di titanio	$\geq 10\%$
Peso specifico	$\leq \text{Kg } 1,650/\text{lt}$

Documentazione Tecnica richiesta relativa al Colato plastico a freddo bicomponente a base di resine metacriliche esenti da solventi che l'Appaltatore dovrà consegnare con la contabilità finale:

- Certificati di analisi, rilasciati da laboratori ufficiali, riportanti:

- Contenuto di biossido di titanio;
- Peso specifico;

- Residuo secco del prodotto indurito rispetto al prodotto allo stato liquido

### ***Art. 48 - NORME PER LA MISURAZIONE DEI LAVORI A MISURA***

Per la valutazione dei lavori a misura o della parte dei lavori a misura si riportano di seguito alcune norme:

#### **a) Demolizioni:**

Le demolizioni totali o parziali di fabbricati o strutture in genere, verranno compensate a metro cubo vuoto per pieno calcolato dal piano di campagna alla linea di gronda del tetto; l'Appaltatore è, comunque, obbligato ad eseguire a suo carico la demolizione delle fondazioni, del pavimento del piano terra e di tutte le strutture al di sotto della linea di gronda.

La misurazione vuoto per pieno sarà fatta computando le superfici esterne dei vari piani con l'esclusione di aggetti, cornici e balconi e moltiplicando queste superfici per le altezze dei vari piani misurate da solaio a solaio; per l'ultimo piano demolito sarà preso come limite superiore di altezza il piano di calpestio del solaio di copertura o dell'imposta del piano di copertura del tetto.

I materiali di risulta sono di proprietà dell'Appaltante, fermo restando l'obbligo dell'Appaltatore di avviare a sue spese tali materiali a discarica.

#### **b) Scavi:**

Le opere di scavo saranno compensate secondo i prezzi indicati nell'elenco per gli scavi in genere che comprenderanno:

- taglio di arbusti, piante, estirpazione di cespugli e quant'altro costituisca impedimento allo svolgimento dei lavori;
- lo scavo di materie asciutte e bagnate che dovranno essere rimosse anche in presenza d'acqua;
- qualunque tipo di movimentazione del materiale estratto fino al trasporto a discarica, il rinterro oppure la riutilizzazione nel cantiere stesso;
- per opere provvisorie quali rilevati, passaggi, attraversamenti, puntellature ed armature necessarie a garantire condizioni di assoluta sicurezza per mano d'opera e mezzi impegnati nei lavori;
- il contenimento delle scarpate, la regolarizzazione delle pareti, la formazione di gradoni o livelli per la posa di tubazioni da porre anche su piani differenti, lo spianamento del fondo o la predisposizione di opere di drenaggio.

La misurazione del lavoro svolto sarà eseguita nei modi seguenti:

- per gli scavi di sbancamento il volume sarà valutato secondo le sezioni ragguagliate sulla base delle misurazioni eseguite in corso d'opera prima e dopo i lavori;
- gli scavi di fondazione saranno valutati su un volume ottenuto dal prodotto dell'area di base della fondazione stessa per la profondità misurata sotto il piano degli scavi di sbancamento, considerando le pareti perfettamente verticali.

Il prezzo fissato per gli scavi verrà applicato a tutti i materiali o detriti inferiori ad 1 mc. (escludendo la roccia da mina) che verranno computati a volume; i materiali o parti rocciose superiori ad 1 mc. di volume saranno calcolati a parte e detratti dalle quantità degli scavi di materiale vario.

#### **c) Scavi di sbancamento:**

Il volume degli scavi di sbancamento verrà calcolato secondo le sezioni geometriche di riferimento rilevate in contraddittorio con l'Appaltatore a lavori eseguiti.

Gli scavi per cassonetti, trincee, fossi, canali, etc. eseguiti per lavori stradali, verranno valutati come scavi di sbancamento analogamente a tutti gli scavi per opere murarie ed interventi da realizzare su rilevati già eseguiti.

#### **d) Scavi di fondazione:**

Il volume degli scavi di fondazione verrà calcolato moltiplicando la superficie della fondazione stessa per la sua profondità al di sotto del piano di sbancamento, oppure, quando tale sbancamento

non dovesse venire effettuato, al di sotto del terreno naturale; nel caso di scavi a diverse profondità, il volume di calcolo sarà suddiviso in più zone alle quali saranno applicati i prezzi relativi fissati nell'Elenco allegato al contratto.

Per gli scavi di fondazione da eseguire con l'impiego di casseri, paratie e strutture simili, verrà incluso nel volume di scavo per fondazione anche lo spazio occupato dalle strutture indicate.

Nel caso di scavi per tubazioni interrate, il piano di posa verrà valutato con una larghezza pari al diametro del tubo aumentato di 20 cm. per parte e considerando i seguenti rapporti indicativi:

- a) scavi di profondità fino a 1,50 m., larghezza = 60 cm.
- b) scavi di profondità fino a 3,00 m., larghezza = 80 cm.
- c) scavi di profondità superiori a 3,00 m., larghezza min. = 100 cm.

e) Rilevati:

Il prezzo relativo all'esecuzione di rilevati o rinterri verrà calcolato a volume sulle sezioni o sagome ragguagliate e sarà comprensivo di tutti gli oneri necessari per il costipamento, la disposizione a strati, la formazione di banchine, l'eventuale scavo di cassonetti (da dedurre dal volume complessivo del rilevato), i profili per scarpate e cigli. Sono esclusi dal calcolo del volume di rilevato da compensare tutti i manufatti di attraversamento dello stesso.

Nel caso di rilevati eseguiti in parte con materiali provenienti da scavi in zone adiacenti ed in parte con materiali provenienti da cave di prestito, verranno fissati e contabilizzati prezzi diversi in relazione alla provenienza del materiale; tali prezzi saranno, comunque, comprensivi di ogni onere necessario (trasporto, movimentazione, etc.) per la realizzazione delle opere indicate.

f) Scavi per pozzi di fondazione di drenaggio:

La contabilizzazione dello scavo dei pozzi di fondazione e di drenaggio dovrà essere calcolata sulla base della superficie di progetto e della profondità raggiunta rispetto al piano di campagna, misurata sull'asse del pozzo. Qualora gli scavi dovessero avere un'area teorica superiore ad 80 mq. dovranno essere computati come scavi di fondazione a sezione obbligatoria.

Il prezzo dello scavo comprende ogni intervento necessario a garantire la stabilità dello scavo stesso (aggottamento, strutture temporanee di puntellamento) ed evitare danni di qualsiasi tipo e natura.

g) Fondazione stradale in misto di fiume e misto granulare in frantumato di cava:

Le fondazioni saranno valutate a volume in opera a costipamento ultimato ed il prezzo è comprensivo della fornitura del materiale, posa in opera, cilindatura con mezzi meccanici idonei, eventuale inumidimento o quanto altro previsto dalle norme di esecuzione del presente capitolato.

h) Massicciata cilindrata e trattamento bituminoso:

Le massicciate saranno misurate in base alla superficie eseguita, intendendosi compensato nel prezzo a metro quadrato ogni e qualsiasi onere per: la fornitura a piè d'opera del materiale, la sua stesa nello spessore richiesto, la messa in sagoma, la bagnatura, la cilindatura a fondo del materiale stesso, la mano d'opera, l'attrezzatura necessaria e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte e secondo le livellette e le pendenze trasversali prescritte.

Si precisa inoltre che per i macadam all'acqua, sono pure compresi nel prezzo la fornitura, la stesa e regolazione del materiale di aggregazione; per le massicciate con trattamento bituminoso la fornitura e lo spandimento anche in più riprese del legante, la fornitura e la stesa del pietrischetto di saturazione, il tutto come descritto nelle norme del relativo articolo del Capitolato.

i) Conglomerati bituminosi: binder e tappeto d'usura:

I conglomerati bituminosi, siano essi formati per lo strato di sostegno (binder) che per il tappeto d'usura verranno valutati in base alla superficie eseguita a seconda le larghezze previste.

Nei relativi prezzi a metro quadrato sono compresi tutti gli oneri per la fornitura degli inerti e del legante secondo le formule accettate o prescritte dalla Direzione dei Lavori, la pulizia della superficie da rivestire, la fornitura e la stesa del legante per ancoraggio, il nolo dei macchinari

funzionanti per la confezione, il trasporto, la stesa e la compattazione dei materiali, la mano d'opera, l'attrezzatura e quanto altro occorre per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

l) Vespai:

Nel prezzo previsto per i vespai è compreso l'onere per la fornitura e posa in opera dei materiali secondo le prescrizioni progettuali o le indicazioni della direzione dei lavori; la valutazione sarà effettuata sul volume dei materiali effettivamente utilizzati misurato a lavori eseguiti.

m) Massetti:

L'esecuzione di massetti di cemento a vista o massetti di sottofondo normali o speciali verrà computata secondo i metri cubi effettivamente realizzati e misurati a lavoro eseguito.

Il prezzo comprenderà il conglomerato cementizio, le sponde per il contenimento del getto, la rete elettrosaldata richiesta, la preparazione e compattazione delle superfici sottostanti, la lisciatura finale con mezzi meccanici, la creazione di giunti e tutte le lavorazioni necessarie per l'esecuzione dei lavori richiesti.

n) Tubazioni:

Le tubazioni metalliche saranno valutate a peso o in metri lineari, quelle in plastica saranno valutate esclusivamente secondo lo sviluppo in metri lineari; in tali valutazioni è compreso anche il computo delle quantità ricavate dalle curve o pezzi speciali. La misurazione andrà effettuata sulla rete effettivamente installata a posa in opera ultimata; il prezzo delle tubazioni dovrà comprendere eventuali giunti, raccordi, filettature e le altre lavorazioni necessarie per una completa messa in opera. Per le tubazioni non previste nella fornitura e posa in opera degli impianti dell'opera da realizzare, queste verranno calcolate, salvo casi particolari, a peso od a metro lineare e saranno costituite dai materiali indicati nelle specifiche relative agli impianti stessi.

Il prezzo per le tubazioni resterà invariato anche nel caso che i vari elementi debbano venire inglobati in getti di calcestruzzo e comprenderà ogni onere relativo al fissaggio provvisorio nelle casseforme. La valutazione delle tubazioni in grès ed in materiale plastico, sarà calcolata a metro lineare misurato lungo l'asse della tubazione.

I tubi di rame o lamiera zincata necessari per la realizzazione di pluviali o gronde saranno valutati secondo il peso sviluppato dai singoli elementi prima della messa in opera ed il prezzo dovrà comprendere anche le staffe e le cravatte di ancoraggio che saranno dello stesso materiale.

Le tubazioni in rame con o senza rivestimento in PVC per impianti termici o sanitari saranno valutate in metri lineari misurati dopo la messa in opera e tale prezzo dovrà comprendere anche i pezzi speciali, le giunzioni e le staffe di sostegno.

Le tubazioni in pressione di polietilene saranno valutate al metro lineare e tale misurazione, effettuata dopo la messa in opera, dovrà comprendere anche i pezzi speciali, le giunzioni e le staffe di sostegno.

o) Opere da carpentiere:

Per lavorazioni particolari richieste per questo tipo di opere la valutazione, salvo altre prescrizioni, verrà effettuata a volume e sarà comprensiva della preparazione, dei legnami, dei chiodi, dei bulloni, dei fissaggi, delle impalcature e di tutti i lavori, materiali, mezzi e mano d'opera necessari per la completa esecuzione di quanto richiesto.

Le stesse prescrizioni si applicano per tutte le carpenterie metalliche, i casseri rampanti, le casseforme a tunnel, gli impalcati speciali per ponti, etc...

p) Sigillature:

I lavori di sigillatura di notevole entità, espressamente indicati come opere da valutare a parte, saranno calcolati a metro lineare e comprenderanno la preparazione e la pulizia delle superfici interessate, l'applicazione dei prodotti indicati e tutti gli altri oneri e lavorazioni necessari.

q) Conglomerati bituminosi per strati di base, collegamento e usura:

Tutti i conglomerati bituminosi per i vari strati di base, collegamento (binder) ed usura dovranno essere calcolati secondo le superfici delle parti effettivamente eseguite. Il prezzo comprende la fornitura degli inerti, degli additivi, del legante e di quanto necessario per la fornitura e la stesa completa del materiale secondo le indicazioni progettuali.

r) Opere di drenaggio:

Il prezzo delle opere di drenaggio sarà calcolato sulla base del volume di scavo e riempimento delle opere di drenaggio applicando una larghezza che corrisponderà a quella prevista dal progetto.

s) Opere di giardinaggio:

Le opere di giardinaggio richieste verranno valutate:

- a) a volume nel caso comprendano scavi o rinterri;
- b) a superficie nel caso di sistemazioni o preparazioni di manti erbosi o terreni vegetali;
- c) a peso per i semi;
- d) ad unità per la valutazione delle singole essenze ai vari stadi di sviluppo.

Secondo quanto specificato dalle prescrizioni progettuali o contrattuali il prezzo fissato sarà comprensivo di tutte le lavorazioni necessarie per la loro completa esecuzione.

t) Cordoli in conglomerato cementizio:

I prezzi per i cordoli e canalette in calcestruzzo dovranno essere calcolati per metro lineare comprendendo anche tutte le opere necessarie alla posa di tali manufatti quali scavi, fondazioni e rinterri a lavori ultimati.

u) Opere di assistenza agli impianti:

Nella realizzazione degli impianti gli oneri di assistenza per la messa in opera delle varie parti saranno valutati in ore lavorative sulla base della categoria di riferimento della mano d'opera impiegata e della quantità di materiali utilizzati; le opere di assistenza comprendono i seguenti tipi di prestazioni:

- consegna a piè d'opera con automezzi, scarico dei materiali, avvio e consegna nei vari punti di lavorazione nel cantiere, sistemazione e custodia in un deposito appositamente predisposto;
- apertura e chiusura di tracce murarie, esecuzione di asole e fori nelle varie murature ed installazione di scatole, tubazioni, bocchette, griglie, cassette e sportelli con relativi telai;
- scavi e rinterri eseguiti per la posa in opera di tubazioni interrate;
- trasporto a discarica dei materiali di risulta degli scavi e delle lavorazioni relative agli impianti;
- opere di protezione, sicurezza e ponteggi di servizio;
- fissaggi delle apparecchiature, preparazione degli eventuali ancoraggi, creazione di basamenti o piccole fondazioni.