

STRUTTURA TERRITORIALE SARDEGNA

PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE (PMV), CONTROLLO ELETTRONICO DELLA VELOCITA'E DOTAZIONE DI TELECAMERE TVCC SULL'INTERA INFRASTRUTTURA DELLA S.S. 729 "SASSARI - OLBIA"

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTISTA E COORDINATORE PER LA SICUREZZA
IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Ing. Emidio Fioravanti



F&C INGEGNERIA SRL
via T. C. Onesti 3/I - 63100 Ascoli Piceno
tel.0736344113 - fax 0736339185
amministr@fcingegneria.com



Emidio Fioravanti

IMPRESA ESECUTRICE:

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:

Dott. Ing. Francesco Ruggieri

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. Fabio Di Pizio

Ing. Alessandro Fioravanti

DIRETTORE ESECUZIONE DEL CONTRATTO:

Dott. Ing. Matteo Delogu

PROTOCOLLO:

n. 9254

DATA:

20/03/2023

08.4_CSA-IT.PRL.05.21 Rev5 PAVIMENTAZIONI STRADALI

CODICE SIL PROGETTO		NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
T00_CT00_TAM_ET07_A.doc					
<div>SANOCA00186</div>		<div>T00CT00TAMET07</div>		A	***
D					
C					
B					
A	EMISSIONE	Settembre 2023	Ing. A. Fioravanti	Ing. F. Di Pizio	Ing. E. Fioravanti
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO



Struttura Territoriale/Direzione

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Norme Tecniche per l'esecuzione del contratto - Parte 2



IT.PRL.05.21 - Rev. 5.0

Pavimentazioni stradali

Redatto da:

Il Progettista

Visto: Il Responsabile del Procedimento

Attività	Funzione Responsabile	Firma
Redazione	Direzioni Servizi alla produzione - Tecnica - Operativa	
Verifica	Direzioni Tecnica – Operativa – Investimenti e Realizzazione – Servizi alla produzione	
Approvazione	Direzione Tecnica	

Modifiche		
Vers.Rev.	Descrizione	Data
1.0	Prima emissione	DIC. 2016
2.0	Seconda emissione	FEB. 2020
3.0	Revisione	LUG. 2021
4.0	Revisione	DIC. 2022
5.0	Revisione	SET. 2023

INDICE

1	MISTO GRANULARE STABILIZZATO GRANULOMETRICAMENTE PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE	16
1.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	16
1.2	STUDIO PRELIMINARE	17
1.3	MODALITÀ ESECUTIVE	17
1.4	PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA DINAMICA TIPO LWD	18
2	FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE	19
2.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	19
2.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	19
2.1.2	LEGANTE	20
2.1.3	ACQUA	20
2.2	STUDIO DELLA MISCELA	20
2.3	MODALITÀ ESECUTIVE	21
3	FONDAZIONE CON MATERIALI STABILIZZATI A CEMENTO E/O CALCE E CEMENTO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO	23
3.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	24
3.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	24
3.1.2	LEGANTE	25
3.1.3	ACQUA	25
3.2	STUDIO DELLA MISCELA	25
3.3	MODALITÀ ESECUTIVE	27
4	FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO	28
4.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	29
4.2	STUDIO DELLA MISCELA	30
4.3	MODALITÀ ESECUTIVE	31
5	FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO	33
5.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	33
5.2	STUDIO DELLA MISCELA	34

5.3	MODALITÀ ESECUTIVE	35
6	FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA	36
6.1	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE	37
6.1.1	AGGREGATI LAPIDEI	37
6.1.2	EMULSIONE BITUMINOSA	39
6.1.3	CEMENTO	40
6.1.4	ACQUA	40
6.2	STUDIO DELLA MISCELA	40
6.3	CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE	42
6.4	CONTROLLO SULLA QUALITÀ DELLA LAVORAZIONE	43
7	LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI	45
7.1	LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI	45
7.1.1	BITUMI DI BASE	45
7.1.2	BITUMI MODIFICATI	47
7.1.3	BITUME PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO MEDIANTE TECNICA DELLO SCHIUMATO	48
7.2	EMULSIONI BITUMINOSE	49
7.2.1	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ATTACCO	49
7.2.2	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ANCORAGGIO (C55B4)	51
7.2.3	EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) SOVRASTABILIZZATE (C60B10)	51
7.2.4	EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER MANO DI ATTACCO (C69BP3)	52
7.2.5	EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE E SOVRASTABILIZZATE PER STRATI DI BASE RICICLATE A FREDDO (C60BP10)	54
7.3	ADDITIVI RIGENERANTI/FLUIDIFICANTI	55
7.4	ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP)	55
7.5	FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB)	56
7.6	TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI	57

7.7	TABELLA SINOTTICA DELLE MANI D'ATTACCO/ANCORAGGIO	58
7.8	NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI	58
8	CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO	59
8.1	CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BASEBINDER, BINDER, USURA	59
8.1.1	DESCRIZIONE	59
8.1.2	BITUME	60
8.1.3	AGGREGATI	60
8.1.4	AGGREGATO GROSSO (PEZZATURE DA 4 A 31,5 mm)	60
8.1.4.1	STRATO DI BASE	60
8.1.4.2	STRATO DI BASEBINDER	60
8.1.4.3	STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	61
8.1.4.4	STRATO DI USURA	61
8.1.5	AGGREGATO FINO (PEZZATURE INFERIORI A 4 mm)	61
8.1.6	ADDITIVI	62
8.1.7	MISCELE	62
8.1.7.1	BASE CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	62
8.1.7.2	BASEBINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	63
8.1.7.3	BINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	63
8.1.7.4	USURA TIPO "A" E "B" CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	64
8.1.7.5	USURA A CON ARGILLA ESPANSA CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE	64
8.1.7.6	CONGLOMERATI BITUMINOSI MIGLIORATI MEDIANTE L'ADDITIVAZIONE DI COMPOUND POLIMERICI	65
8.1.7.7	USURA TIPO "A" E "B" A BASSA LEVIGABILITÀ (ELEVATA ADERENZA)	69
8.1.7.8	USURA TIPO SMA (Splitt mastix asphalt)	69
8.1.8	REQUISITI DI ACCETTAZIONE	71
8.1.8.1	STRATO DI BASE E BASEBINDER	72
8.1.8.2	STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)	72
8.1.8.3	STRATO DI USURA	73
8.1.8.4	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	74

8.1.8.5	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	75
8.1.8.6	POSA IN OPERA	76
8.1.8.7	CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO (FRESATO) – MODALITA' DI REIMPIEGO	78
8.2	CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA DRENANTE E DRENANTE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA	79
8.2.1	AGGREGATI LAPIDEI	80
8.2.2	MISCELA	81
8.2.3	REQUISITI DI ACCETTAZIONE	82
8.2.4	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	83
8.2.5	POSA IN OPERA DELLE MISCELE	83
8.3	CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA COMPATTAZIONE DELLE MISCELE	84
8.4	REQUISITI DI LABORATORIO SOTTOPOSTI A DETRAZIONE	85
9	STRATO DI BASE RICICLATO A FREDDO	87
9.1	AGGREGATI LAPIDEI	88
9.2	LEGANTE E ADDITIVI	88
9.3	STUDIO DELLA MISCELA	89
9.4	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE	90
9.5	FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE	91
9.6	POSA IN OPERA DELLA MISCELA	91
10	TRATTAMENTI SUPERFICIALI	92
10.1	CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO PER RISAGOMATURE PER PAVIMENTAZIONI	92
10.1.1	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI	92
10.1.2	POSA IN OPERA	92
10.1.3	CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI (VOLUMETRICHE E MECCANICHE)	93
10.1.3.1	DATI VOLUMETRICI	93
10.1.3.2	DATI MECCANICI	94
10.2	TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI	94
10.2.1	IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA	94

10.2.1.1	IRRUVIDIMENTO MEDIANTE PALLINATURA	95
10.2.2	IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ	95
10.3	MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)	95
10.3.1	DESCRIZIONE	95
10.3.2	AGGREGATI LAPIDEI	96
10.3.3	ADDITIVI	96
10.3.4	MISCELE	96
10.3.5	MALTA BITUMINOSA	97
10.3.6	COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA	97
10.3.7	ACQUA	98
10.3.8	CONFEZIONAMENTO E POSA IN OPERA	98
11	CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI	100
11.1	PREMESSE	100
11.2	ADERENZA E TESSITURA	101
11.3	REGOLARITÀ	105
11.4	PORTANZA	106
11.5	VALUTAZIONE DEGLI SPESSORI DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE	110
11.5	BIS PENALI PER INCONGRUENZE RELATIVE ALLA % DI VUOTI E ALLA RESISTENZA A TRAZIONE	110
11.5	TER ANCORAGGIO DEGLI STRATI DI PAVIMENTAZIONE	111
12	DRENAGGI	112
12.1	DRENAGGI TRADIZIONALI (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE)	112
12.2	DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO" (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE O EFFETTUATI PRIMA DI STENDERE LE PAVIMENTAZIONI)	113
12.3	DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO (PER DRENARE ZONE GIÀ PAVIMENTATE)	113
13	SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA	114
13.1	SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA	115

13.2	SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLE PAVIMENTAZIONI ESEGUITA CON NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO E AUTOADESIVO	115
13.3	SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA	116
14	ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI	116
14.1	DESCRIZIONE	116
14.2	CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE	117
14.3	CHIUSURA DEGLI SCAVI RISULTANTI DA INTERVENTI PER SOTTOSERVIZI.	117
14.3.1	CHIUSURA DELLO SCAVO TEMPORANEO PER LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE	118
14.3.2	CHIUSURA DEFINITIVA CON REINTEGRO DELLE CONDIZIONI ORIGINALI DELLA SEDE STRADALE	118
14.3.3	CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI)	118
15	RIPARAZIONE SUPERFICI DEGRADATE DI LIMITATA ESTENSIONE	119
15.1	CASO DEI RAPPEZZI LOCALIZZATI	119
15.1.1	CASO DI DEGRADO DIFFUSO CON BUCHE GIÀ PRESENTI NON CONTIGUE E NON DIFFUSE	119
15.1.2	CASO DI DEGRADO DIFFUSO MA CON BUCHE GIÀ PRESENTI CONTIGUE E/O DIFFUSE	119
16	TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI)	120
17	APPENDICE	121
17.1	RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO (RSS)	121
17.2	TRATTAMENTI SUPERFICIALI (TS)	122
17.3	RISANAMENTI SUPERFICIALI (RS)	123
17.4	RISANAMENTI PROFONDI (RP)	123
17.5	PAVIMENTAZIONI NUOVE COSTRUZIONI (NC)	127

PREMESSA

Le presenti Norme Tecniche si riferiscono all'esecuzione di lavori per la sovrastruttura stradale denominata nel seguito pavimentazione; i lavori da svolgere con i materiali descritti nel seguito potranno essere di tre tipi diversi:

- Lavori per interventi su pavimentazioni esistenti al fine della ordinaria manutenzione delle medesime, definiti **MO, MANUTENZIONE ORDINARIA** quali

1. Trattamento superficiale di sigillatura ed irruvidimento tipo slurry-seal (macro-seal)
2. Sigillatura di fessure superficiali
3. Rappezzi preceduti da riquadratura della zona degradata
4. Irruvidimento meccanico di zone potenzialmente scivolose
5. Riparazioni superficiali di soccorso con fresatura e ricostruzione.

- Lavori per interventi su pavimentazioni esistenti al fine della loro ricostituzione e/o rafforzamento definiti **MS, MANUTENZIONE STRAORDINARIA**.

I lavori di tipo MS consisteranno in interventi di miglioramento e rafforzamento delle caratteristiche originali delle pavimentazioni tramite interventi estesi quali

- Risanamento superficiale
- Risanamento profondo

- Lavori per pavimentazioni di nuove costruzioni o adeguamenti di strade esistenti, definiti **NC, NUOVE COSTRUZIONI**.

La natura dei lavori da eseguire sarà definita nell'Appalto a cui sono annesse le presenti Norme Tecniche ed ai suoi elaborati a cui si rimanda per la definizione del dettaglio delle lavorazioni, della loro quantità ed ubicazione.

ANAS redige la perizia o il progetto delle pavimentazioni dell'intervento sulla scorta delle verifiche che ritiene opportune e sufficienti (verifiche di portanza, regolarità, aderenza ed ammaloramento superficiale delle pavimentazioni, natura e composizione dei materiali da sottoporre a recupero e valutati con carotaggi) per la scelta del tipo di soluzione da eseguire e dei materiali con cui realizzarla.

Dette soluzioni saranno primariamente quelle indicate nelle istruzioni tecniche in appendice, definite nei requisiti e nelle prestazioni, comprese le relative curve di accettazione. Soluzioni diverse, dettate da casi particolari, devono comunque essere corredate da motivazioni tecniche e relazioni di calcolo specifiche che riportino l'indicazione di tutti i parametri tecnici dedotti dal presente documento, necessari alla definizione delle miscele e delle loro prestazioni; le curve di accettazione corrispondenti saranno definite dal CSS.

Materiali

I materiali dovranno corrispondere a quanto stabilito dalla normativa di settore e dal presente documento.

I materiali dovranno provenire da località o siti di produzione che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti del presente documento.


In ogni caso i materiali e le loro miscele prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori, sia per i lavori prescritzionali, che per quelli prestazionali.

Caratteristiche dei materiali

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito fissati.

Per ciò che riguarda le loro miscele, e lavorazioni, valgono le prescrizioni e le indicazioni riportate negli appositi articoli.

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro, o tra i diversi tipi dello stesso materiale, sarà fatta, nei casi non definiti inequivocabilmente dalle presenti norme, in base al giudizio della Direzione dei Lavori.


N° di identificazione dell'ente notificato
SOCIETA'
08
n.certificato

EN 13108-1		
Conglomerato Bituminoso per strade, piste aeroportuali e altre aree trafficate		
CB 12,5 USURA BM 50/70		
Contenuto dei vuoti dopo 10 rotazioni	V10	G _{min}
11%		
Temperatura della miscela a 180°C	da	140°C
Granulometria		
(passante al setaccio mm)	16	100%
	12,5	95%
	8	80%
	4	49%
	2	31%
	0,5	15%
	0,25	12%
	0,063	8%
Contenuto di legante	B _{min}	4,6%

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE sopra un esempio).

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

- Contenuto dei vuoti a 10 rotazioni (categoria e valore reale);
- Temperatura della miscela alla produzione e alla consegna (valori di soglia);
- Composizione granulometrica (valore %);
- Contenuto minimo di legante (categoria e valore reale).

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nelle presenti norme, oltre alle altre qui richieste, ma non facenti parte della marcatura CE.

Generalità per l'esecuzione dei lavori - Autocontrollo dell'Impresa

L'autocontrollo da parte dell'Impresa esecutrice consiste nella verifica diretta dei materiali delle miscele e delle lavorazioni finalizzate all'ottenimento delle prestazioni richieste, quindi deve prevedere le seguenti modalità per ciascuna fase delle lavorazioni:

- prima dell'esecuzione dei lavori
- durante l'esecuzione dei lavori
- al termine dei lavori eseguiti

A- Prima dell'esecuzione dei lavori

L'Impresa è tenuta, a propria cura e spese, a formulare gli studi delle miscele completi delle prove di laboratorio **riguardanti i lavori**, che tengano conto della disponibilità dei materiali, delle specificità degli impianti di fabbricazione e del cantiere di stesa, per la definizione delle miscele da porre in opera ed il mix design, valutato in conformità alle presenti Norme Tecniche, è impegnativo per l'Impresa.

Gli studi dovranno essere presentati alla Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvati dalla stessa DL. E dovranno contenere:

- tipo di miscela, sito di applicazione (strada, carreggiata, corsia, quantità ecc) impianto di produzione;
- aggregati: provenienza, granulometrie, PSV, percentuali di impiego, fresato compreso;
- caratteristiche volumetriche (% vuoti, pesi di volume) e meccaniche (resistenza a trazione indiretta, coefficiente di trazione indiretta e resistenza a compressione);
- percentuale di legante (bitume o emulsione), tipo, fornitore, dati e scheda tecnica relativa;
- eventuale impiego di additivi (con indicate le percentuali di progetto);
- descrizione degli impianti e delle attrezzature utilizzate per produrre le miscele e per applicarle definiti in tipologia, caratteristiche e modalità operative.

Tutte le curve di progetto per le miscele contenenti bitume e/o cemento devono essere verificate mediante l'impiego della apparecchiatura "Pressa Giratoria".

Entro 15 gg dalla presentazione degli studi, il Committente si riserva la facoltà di rifiutare gli studi proposti, chiedendone il rifacimento.

L'accettazione delle miscele da parte della DL, che potrà effettuare controlli con i Laboratori descritti in seguito, non solleva l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati finali prescritti.

L'utilizzo dei Laboratori esterni, che potranno provvedere anche alle misure ad alto rendimento eseguite ai fini dei controlli prestazionali, sono possibili, purché i loro processi siano accreditati ISO9001; in questo caso le loro attrezzature dovranno essere verificate su piste di taratura prestabilite definite dal CSS, a meno che non siano accreditate ISO17025.

Il CSS è autorizzato comunque ad eseguire controlli a campione sulle zone testate da detti laboratori e qualsiasi altra operazione di verifica.

B- Autocontrollo durante l'esecuzione dei lavori

Durante l'esecuzione dei lavori il controllo basato sulle presenti Norme Tecniche andrà esercitato in modo continuo dai Laboratori dell'Impresa che a questo fine dovrà disporre di attrezzature e personale dedicato.

La DL si riserva la facoltà di verificare la sufficienza di dette prove, qualora le ritenga non adeguate per i controlli di produzione.

Il Committente potrà comunque effettuare controlli tramite i suoi Laboratori ai fini del rilievo del *modus operandi* delle Imprese in corso d'opera e al fine della verifica di congruità tra il progetto presentato e il lavoro in esecuzione.

In tale ambito potrà richiedere documentazione (schede tecniche, bolle di accompagnamento ecc.) atte a facilitare la verifica di idoneità delle lavorazioni in oggetto.

Tutti i prelievi dei materiali devono essere effettuati in contraddittorio con l'Impresa.

In caso di lavorazioni di particolare rilevanza e complessità, come i riciclaggi in sito, va prevista l'effettuazione di una serie di verifiche in corso d'opera, considerando la possibile variabilità del materiale da stabilizzare per cui potrebbe essere insufficiente l'effettuazione di un solo studio (*mix design*) per ottimizzare la lavorazione.

Tali attività di autocontrollo durante l'esecuzione dei lavori, necessarie per la corretta esecuzione delle lavorazioni, sono obbligatorie e a carico dell'Impresa.

Resta a carico di ANAS l'onere delle verifiche sui materiali e relative certificazioni ai sensi della normativa vigente.

C- Controlli al termine dei lavori eseguiti

Ai fini dell'attività di verifica finale, saranno eseguiti i controlli e le prove disposte per l'accertamento dei requisiti e delle prestazioni nel rispetto delle presenti NT (Art.11.1), che saranno a cura e spese di ANAS secondo quanto previsto dal vigente Regolamento.

Ulteriori controlli disposti dall'organo di collaudo saranno a cura e spese dell'Impresa.

Le tariffe applicate per l'esecuzione delle prove inerenti i requisiti di idoneità (miscele, aggregati, bitumi, ecc.), eventuale verifica dei lavori in sito e prove di alto rendimento, saranno secondo quanto riportato dal tariffario di riferimento.

Prescrizioni generali per le attività di verifica

Per le attività di verifica di cui ai punti A B e C, l'Impresa sarà comunque obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, l'invio di campioni ad ogni Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

Quando la Direzione dei Lavori rifiutasse una qualsiasi provvista come non idonea all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Impresa resta totalmente responsabile della riuscita prestazione delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Norme di misurazione

Tutte le lavorazioni verranno valutate in base alla superficie ordinata, secondo le larghezze e con gli spessori finiti prescritti.

Nei relativi prezzi sono compresi tutti gli oneri per le forniture degli inerti e del legante secondo le formule accettate e/o prescritte dalla Direzione Lavori, la fornitura e la stesa del legante per mano di attacco e di ancoraggio (laddove inclusa nella corrispondente voce di elenco prezzi), il nolo dei macchinari funzionanti per la confezione, il trasporto, la stesa e la compattazione dei materiali, la manodopera, l'attrezzatura e quanto altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

In particolare, si intendono compensati con i relativi prezzi anche tutti gli oneri relativi alla stesa a mano dei conglomerati nelle zone inaccessibili alle macchine, quali ad esempio quelle tra le barriere di sicurezza.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, avrà la facoltà di tollerare localmente, ed in via del tutto eccezionale, valori degli indicatori di controllo dei requisiti difforni rispetto ai valori stabiliti.

Nel caso di esecuzione di ricariche su avvallamenti del piano viabile, e di stesa di microtappeti per la risagomatura di ormaie, le quantità di conglomerato impiegato verranno contabilizzate a volume compattato.

Si stabilisce che i conglomerati bituminosi e in genere i materiali legati a bitume e/o cemento (schiumati) dovranno essere approvvigionati da impianti ubicati di norma a distanza non superiore ai 70 km dai luoghi di impiego.

Demolizione delle pavimentazioni

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore, o parte di esso, dovrà essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Tutte le attrezzature dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla DL; dovranno inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo per lo stoccaggio e il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

Il materiale fresato resta di proprietà dell'Impresa che deve essere dotata delle necessarie autorizzazioni allo stoccaggio e al reimpiego come disciplinato dalle norme di settore, e secondo le previsioni del progetto, del Contratto, del CSA e dell'EP.

La superficie del cavo (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi strati da porre in opera. Non saranno tollerate scanalature provocate da tamburi ed utensili inadeguati o difformemente usurati che presentino una profondità misurata, tra cresta e gola, superiore a 0,5 cm.

L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione previsti nel progetto e definiti dalla DL. Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi per difetto o per eccesso, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori che potrà autorizzare la modifica delle quote di scarifica. Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio.

La demolizione degli strati bituminosi potrà essere effettuata con uno o più passaggi di fresa, secondo quanto previsto dal progetto o prescritto dalla DL; nei casi in cui si debbano effettuare più passaggi, si avrà cura di ridurre la sezione del cassonetto inferiore formando un gradino tra uno strato demolito ed il successivo di almeno 20 cm di base per ciascun lato.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o sub-corticali dovrà essere eseguita con attrezzature approvate dalla DL munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

Le pareti dei giunti, sia longitudinali sia trasversali, dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento privo di sgretolature.

Sia la superficie risultante dalla fresatura, che le pareti del cavo, dovranno, prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

Non è ammessa la demolizione dell'intera sovrastruttura con escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. se non espressamente previsto nel progetto o autorizzata.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire dovranno essere riparati a cura e spese dell'Impresa.

L'impresa prima dell'inizio delle demolizioni dovrà accertarsi della presenza nelle pavimentazioni di sensori per la misura del traffico (spire induttive, sensori piezoelettrici ecc.).

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sui sensori dovranno essere riparati a cura e spese dell'impresa.

1 MISTO GRANULARE STABILIZZATO GRANULOMETRICAMENTE PER FONDAZIONE E/O SOTTOFONDAZIONE

D.01.001 "Fondazione stradale in misto granulare stabilizzato"

La fondazione in oggetto è costituita da una miscela di aggregati stabilizzati granulometricamente (i.e. granulometria controllata), priva di leganti aggiunti, impiegata per la costruzione di strati di fondazione e/o sottofondazione; gli aggregati possono essere costituiti da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla DL.

Questa lavorazione si applica per strati di fondazione nelle Manutenzioni Straordinarie (MS) o Nuove Costruzioni (NC) esclusivamente nei casi di strade di minore rilevanza e può essere impiegata anche per lavori di sottofondazione come primo strato del pacchetto della sovrastruttura 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 DL.

1.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

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

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

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	6-12

- c) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature inferiore al 30% in peso;
- d) 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 DL in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 40 e 60 la DL 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. (CNR UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50, per un intervallo di $\pm 2\%$ 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 ai precedenti commi a, b, c, d, salvo nel caso citato al comma d) in cui la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

1.2 STUDIO PRELIMINARE

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.

Le caratteristiche suddette dovranno essere accertate dalla DL 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.

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

1.3 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 30 cm e non inferiore a 20 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, rulli gommati o combinati (ferro-gomma), tutti semoventi.

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla DL 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 97% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (EN 13286-2:2005) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al setaccio 3/4".

La portanza dello strato dovrà essere rilevata mediante LWD (Light Weight Deflectometer) con valore minimo di 80 MPa secondo procedura di prova descritta all'art 1.4.

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

1.4 PROVE DI PORTANZA CON PIASTRA DINAMICA TIPO LWD

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 uno 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 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 che dovrà essere calcolato con la seguente espressione $E = f \cdot (1 - \eta^2) \cdot \sigma \cdot r / d_0$ con $f = 2$, $\eta = 0,35$, σ = sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 kPa), $r = 150$ mm (raggio della piastra), e d_0 = deflessione misurata al centro piastra.

2 FONDAZIONE IN MISTO CEMENTATO CONFEZIONATO IN CENTRALE

D.01.003 "Fondazione stradale in misto cementato"

Il misto cementato per fondazione sarà costituito da una miscela di aggregati 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 DL.

2.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

2.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva maggiore del 60% in peso sul totale degli inerti.

In ogni caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 giorni prescritte nel seguito.

L'aggregato non dovrà essere di dimensioni superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare.

La granulometria dovrà essere compresa nel seguente fuso ed avere andamento continuo ed uniforme.

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 EN 933-1) 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).

2.1.2 LEGANTE

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325.

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

2.1.3 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 $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze appresso indicate.

2.2 STUDIO DELLA MISCELA

L'Impresa dovrà proporre alla DL 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 180 giri di pressa giratoria con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

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

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
R_t 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 provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti devono 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 (vedi modalità descritte sopra), 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	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

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 DL accettare valori di resistenza a compressione anche fino a 5,0 MPa a 3gg e 7,0 MPa a 7gg.

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

2.3 MODALITA' ESECUTIVE

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.

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

La stesa verrà eseguita impiegando finitrici vibranti comunque dei tipi approvati dalla DL 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 tonnellate per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate;

rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 tonnellate.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli combinati (ferro-gomma), comunque tutti approvati dalla DL, rispondenti alle caratteristiche sopra riportate.

La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e superiori a 25°C e mai sotto la pioggia.

Tuttavia, a discrezione della DL, potrà essere consentita la stesa a temperature diverse, mai superiori a 35 °C.

Nel caso di stesa tra 25°C e 35°C 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.

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.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10 – vedi art 7.2.3) in ragione di 1,5 - 2kg/m², in relazione alla capacità di assorbimento dello strato, oltre che al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

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

Verrà ammessa una tolleranza di ± 5 punti percentuali fino al passante al setaccio 4 e di ± 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 in cantiere mediante laboratorio mobile. La rispondenza delle granulometrie delle miscele a quelle di progetto dovrà essere verificata con controlli giornalieri, e comunque ogni 300 m³ di materiale posto in opera.

A compattazione ultimata la densità in sito dovrà essere non inferiore al 97% della densità dei provini confezionati con 180 giri di pressa giratoria nel 100% delle misure effettuate.

La DL 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 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.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	60
24 ore	200-600

3 FONDAZIONE CON MATERIALI STABILIZZATI A CEMENTO E/O CALCE E CEMENTO, LA TECNICA DELLA MISCELAZIONE IN SITO

D.01.002 "Stabilizzazione di esistente fondazione a cemento (D.01.002.b) o calce e cemento (D.01.002.c)"

Il misto cementato per strati di fondazione con miscelazione in sito è inerente esclusivamente i lavori di **manutenzione straordinaria (MS)** sarà costituito da una miscela di aggregati derivanti dalla preesistente fondazione in misto granulare da miscelare in sito, mediante pulvimixer, dopo aggiunta di cemento ed acqua, per uno spessore di norma di 20-30 cm e variabile secondo le indicazioni della DL (ma comunque non superiore a 35 cm).

Nei casi in cui lo strato di fondazione da stabilizzare presenti indice di plasticità $IP > 6$ (CNR UNI 10014:1964) deve essere operato un pretrattamento con calce (vedi voce D.01.002.c).

Qualora nello strato di sottofondazione al di sotto dello strato da stabilizzare si trovi localmente materiale argilloso molto plastico, lo stesso andrà opportunamente trattato con calce (vedi voce Elenco Prezzi A.02.020.b) prima della stabilizzazione dello strato sovrastante.

Altri spessori potranno essere richiesti secondo le caratteristiche progettuali.

3.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Nel caso di miscelazione della preesistente fondazione in misto granulare, occorrerà verificare l'assenza di sostanze plastiche (limi, argille), in presenza delle quali comunque l'indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) dovrà essere inferiore a 6.

La granulometria (UNI EN 933-1) dovrà rientrare nel fuso seguente:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	86-100
setaccio 20	70-96
setaccio 14	62-90
setaccio 8	48-76
setaccio 4	30-58
setaccio 2	20-42
setaccio 0,25	7-20
setaccio 0,063	5-12

Qualora le caratteristiche del misto non rispondessero a tali indicazioni la DL potrà permetterne la correzione mediante aggiunta di inerti di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso richiesto e per un massimo del 20% in peso del totale della miscela.

Nel caso di impiego totale di misto granulare nuovo di apporto la curva granulometrica dovrà essere sempre continua ed uniforme e rispettare i limiti del fuso di seguito riportato; gli inerti non dovranno avere forma allungata o lenticolare e la perdita in peso Los Angeles (UNI-EN1097-2) non superiore a 30% in peso; il materiale dovrà risultare non plastico (N.P.).

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	68-90
setaccio 14	58-82
setaccio 8	44-70
setaccio 4	28-54
setaccio 2	22-42
setaccio 0,25	8-20
setaccio 0,063	6-12

3.1.2 LEGANTE

Nel caso di trattamento con solo cemento verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325.

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

Nel caso di trattamento con calce e cemento, nel pretrattamento con calce dovrà essere utilizzata calce idrata costituita prevalentemente da idrossido di calcio.

A titolo indicativo, nelle stabilizzazioni con calce e cemento, la percentuale di cemento sarà compresa tra il 2,0% e il 3,0%, la percentuale di calce sarà compresa tra l'1,5% e il 2,0%, in entrambi i casi in peso rispetto agli aggregati asciutti.

3.1.3 ACQUA

Dovrà essere pura ed esente da sostanze organiche.

L'umidità potrà essere controllata in cantiere con sistemi rapidi.

Nel caso di lavori durante la stagione calda sarà opportuno riумidificare il misto miscelato, prima della rullatura.

3.2 STUDIO DELLA MISCELA

Prima delle lavorazioni si deve prevedere un saggio di almeno 150 kg su cui effettuare uno studio da realizzare con pressa giratoria per stabilire le percentuali di cemento/calce e acqua ottime ed eventuali integrazioni.

Ai fini della determinazione della percentuale di cemento e umidità ottima si dovranno realizzare provini con 180 giri di pressa giratoria con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

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

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	7 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10-3)	0,20 – 0,45	0,25-0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10-3)	1,3 – 3,5	2,0 – 5,0	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostatati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

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 l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione.

A tal fine si dovranno realizzare provini con pressa giratoria (vedi modalità descritte sopra), 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	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta a 3 o 7 gg

Dallo studio si potrà evidenziare anche la necessità di integrare la miscela da riciclare con eventuali aggregati di integrazione.

3.3 MODALITÀ ESECUTIVE

La demolizione degli strati legati a bitume dovrà interessare la corsia da sistemare per una larghezza che sarà di volta in volta indicata dalla DL e che comunque non dovrà essere inferiore, là dove possibile, a 4,5 m alla base dello scavo.

Si dovranno comunque comprendere nella superficie da demolire anche i giunti di strisciata dei vari strati, gradonando la sezione di scavo dalla quota superiore a quella inferiore in modo che la larghezza dello strato da miscelare non sia inferiore a 4,0 m.

Nel caso di fondazioni in macadam o scapoli di pietrame e di fondazioni in misto granulare o stabilizzato molto compromesse per la presenza di sostanze argillose od altro, si procederà, dietro preciso ordine della DL alla loro demolizione ed asportazione; la ricostruzione dello strato sarà effettuata mediante la stabilizzazione a cemento con aggregati interamente di integrazione.

Il cemento verrà distribuito sul materiale da stabilizzare in modo uniforme su tutta la superficie rimossa mediante idonei spargitori.

La miscelazione, preceduta da umidificazione il cui grado sarà definito in funzione della percentuale di umidità presente nel materiale da trattare e dalle condizioni ambientali, sarà realizzata con idonea attrezzatura approvata dalla DL in grado di rimuovere e mescolare uniformemente uno spessore minimo di 20 cm.

La miscelazione dovrà interessare tutta la superficie in modo uniforme comprese le fasce adiacenti alle pareti verticali dello scavo. La miscelazione non dovrà mai essere eseguita in condizioni ambientali e atmosferiche avverse quali pioggia o temperatura ambiente non comprese tra 5°C e 35°C.

Le condizioni ambientali ottimali si verificano con temperature intorno a 18°C e con tasso di umidità di circa il 50%; con temperature superiori l'umidità dovrà risultare anch'essa crescente. Con temperature inferiori il tasso di umidità non dovrà essere inferiore al 15%.

Completata l'operazione di miscelazione si dovrà provvedere al regolare ripristino dei piani livellando il materiale con idonea attrezzatura secondo le quote e le disposizioni della DL.

Il materiale dovrà presentare in ogni suo punto uniformità granulometrica e giusto dosaggio di cemento.

Le operazioni di costipamento e la successiva stesa dello strato di protezione dovranno essere eseguite immediatamente dopo le operazioni di miscelazione e di risagomatura; dovranno comunque essere ultimate entro tre ore dalla stesa del cemento.

L'addensamento dello strato che potrà essere preceduto, a discrezione della DL, da una eventuale ulteriore umidificazione e dovrà essere realizzato in ordine con le seguenti attrezzature:

rullo a due ruote vibranti da 10 tonnellate per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate;

rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 18 tonnellate.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli combinati (ferro-gomma), comunque tutti approvati dalla DL, rispondenti alle caratteristiche sopra riportate.

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa sovrastabilizzata (vedi art. 7.2.37.2) in

ragione di $1,5 \div 2,0 \text{ Kg/m}^2$, in relazione alla capacità di assorbimento dello strato, oltre che al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto, e successivo spargimento di sabbia.

Considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito.

Ogni 500 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni:

- verifica della granulometria
- verifica della % di umidità;
- verifica della % di cemento che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità

Indicativamente considerando una lavorazione di 25 cm, si fornisce la seguente tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua.

Contenuto d'acqua totale	Cemento	kg cemento/calce a m^2 su 25 cm di lavorazione.
5-6%	2,5 %	12,5
6-7%	3,0 %	15,0
7-10%	3,5 %	17,5

- formazione di provini giratoria per la verifica delle resistenze e densità.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (MPa)
4 ore	60
24 ore	180-600

4 FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN SITO

- **D.01.004.a** "Riciclaggio a freddo di pavimentazione stradale con la tecnica del bitume schiumato"

La lavorazione dello schiumato permette di riciclare in sito vecchie fondazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da "potenziare" (manutenzione straordinaria) o per realizzare la fondazione o sottofondazione (Nuove Costruzioni) con la posa in opera e la lavorazione di materiale idoneo, vergine o proveniente da fresature o rimozioni di pacchetti stradali ammalorati, previa autorizzazione della DL.

Questa lavorazione si può impiegare nelle Manutenzioni Straordinarie e nelle Nuove Costruzioni (MS, NC).

Nella manutenzione straordinaria la lavorazione consiste nella rimozione e miscelazione (mediante idonee riciclatrici), e successiva compattazione, di strati profondi ammalorati (stabilizzati, cementati ecc.) compresa (se necessario) una parte di conglomerato bituminoso (per spessori max di 4-10 cm) compatibilmente con la macchina riciclatrice impiegata e lo stato del conglomerato residuo. L'opportunità di fresare in anticipo questi strati verrà decisa di volta in volta in accordo con la DL.

Il bitume viene immesso nella camera di mescolazione della riciclatrice (insieme all'acqua), mentre il cemento viene in genere steso prima anteriormente al treno di riciclaggio.

Le attuali tecnologie permettono di "trattare" spessori massimi di 25-27 cm compattati.

Prima di iniziare la lavorazione, al fine di verificare gli spessori, vanno eseguiti 2-3 carotaggi per km, mentre per la caratterizzazione del materiale da riciclare va eseguito minimo un saggio di almeno 150 kg; lo scopo è quello di ottenere il raggiungimento delle resistenze indicate rispettando i parametri fondamentali su miscele addensate con pressa giratoria.

Nel caso non si possa effettuare uno studio preventivo completo per l'ottimizzazione dei parametri della lavorazione (cemento, bitume, eventuali integrazioni, eventuale acqua di aggiunta ecc), si potrà iniziare la lavorazione ed analizzare quindi il materiale del saggio per valutare, in corso d'opera, i parametri fondamentali che seguono.

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

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

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

4.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

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

- granulometria compresa nel seguente fuso (post estrazione se compresa di conglomerato bituminoso) e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	86-100
setaccio 20	70-95
setaccio 14	62-90
setaccio 8	48-75
setaccio 4	30-56
setaccio 2	20-40
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	5-10

- i bitumi da impiegare dovranno essere saranno quelli descritti all'art. 7.1.3 e andranno impiegati orientativamente al 3% in peso sulla miscela, salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL.

Verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 in percentuale connessa al contenuto d'acqua del materiale da riciclare (ricavato dal saggio effettuato) e alle resistenze da ottenere.

4.2 STUDIO DELLA MISCELA

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con 180 giri di pressa giratoria aventi le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

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

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,32 – 0,55	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
CTI 25°C (GPa x 10 ⁻³)	≥ 50	
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,0 – 3,0	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

Per la corretta esecuzione della lavorazione deve essere sempre effettuata un'integrazione di materiale in sito con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 (circa 2,5 cm di spessore da stendere con finitrice) a meno di riciclare strati con notevole contenuto di fino.

Potrà essere prevista anche l'integrazione di una graniglia di integrazione (max 15%) che potrà variare avere dimensione massima 30 mm a seconda della tipologia e della granulometria del materiale da riciclare.

Sarà la DL a stabilire le modalità di procedere, valutando se è necessaria l'integrazione del materiale in sito.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell'acqua di compattazione, oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione.

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

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

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta

4.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il materiale verrà steso in strati di spessore (compattato) non superiore a 28 cm e non inferiore a 18 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

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 riciclato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti a pioggia o 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 un rullo monotamburo vibrante di almeno 18 tonnellate preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 24 tonnellate.

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

Il materiale dopo il passaggio della riciclatrice dovrà presentarsi omogeneo e con il bitume ben disperso (senza la presenza di grumi).

Va sempre effettuata una sovrapposizione delle strisciate di 15-30 cm in relazione alla larghezza del "tamburo" della stabilizzatrice che dovrà essere scelto di dimensioni adeguate alla larghezza dell'intervento da realizzare.

E' da evitare la stesa in condizioni di pioggia e con temperature inferiori a 10 °C.

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

Particolare attenzione va posta nel controllo della umidità che dovrà rimanere nei limiti indicati per non compromettere l'esito della lavorazione.

Per quanto riguarda il controllo delle lavorazioni considerata la complessità dell'effettuazione di uno studio completo che segua lavorazioni di notevole rilevanza e anche l'estrema variabilità potenziale del materiale da stabilizzare che potrebbe vanificare l'effettuazione di un solo studio su un solo prelievo per ottimizzare la lavorazione, si dovrà effettuare una serie di verifiche durante l'esecuzione dei lavori secondo la metodologia descritta di seguito.

Ogni 500 m circa di lavorazione dovranno essere effettuate le seguenti valutazioni:

- verifica della granulometria (post estrazione) con % di bitume risultante nella miscela presente che deve essere compreso tra 3,0 e 4,5%;
- verifica della % di umidità;
- prelievo di materiale su cui effettuare test a resistenza diametrale, vedi art. 4.2
- verifica della temperatura del bitume in fase di schiumaggio che deve essere sempre >160 °C (alla autobotte 165 °C).
- verifica della % di cemento che dovrà avere un valore legato alla natura del materiale da riciclare ed alla sua % di umidità; nel caso ci sia una variazione di umidità la quantità di cemento per i tratti successivi al prelievo va adeguata secondo quanto prescritto nella tabella di seguito.

Indicativamente considerando una lavorazione di 25 cm, si fornisce la tabella per l'impiego di cemento in funzione del contenuto d'acqua:

Contenuto d'acqua totale	Cemento	Kg cemento a m ² su 25cm di lavorazione.
5-6%	2 %	10
6-8%	2,5 %	12,5
8-10%	3 %	15
10-12%	3,5 %	17,5

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (MPa)
4 ore	>60
24 ore	180-600

Nota

Nel caso i materiali da stabilizzare con tecnica del bitume schiumato rilevati nei saggi esplorativi presentino caratteristiche plastiche ($IP > 6$) la DL potrà valutare, nella fase di esecuzione, la sostituzione del materiale o un pretrattamento a calce.

5 FONDAZIONE CON TECNICA DEL BITUME SCHIUMATO REALIZZATO IN IMPIANTO

La tecnologia dello schiumato in impianto va applicata per reimpiegare materiali fresati o vergini, stoccati in cumuli, lavorandoli con opportuni impianti in aree adiacenti il tratto da risanare o realizzare o a fianco degli impianti a caldo; il materiale a cui sono aggiunti i leganti e l'acqua dovrà essere steso con finitrice e compattato.

Gli impianti devono prevedere la possibilità di caricare direttamente il materiale sui camion per il trasporto in sito e la stesa (opzione preferibile); è possibile stoccare in cumuli il materiale già "schiumato" per 1 o 2 ore, ma è preferibile stenderlo e compattarlo subito e comunque il conglomerato schiumato in impianto dovrà essere steso e compattato entro 4 ore dall'uscita dall'impianto.

Nella miscela è possibile impiegare vecchie fondazioni o pavimentazioni (misti cementati ammalorati, misti stabilizzati da riciclare, fresati di conglomerati bituminosi), materiali vergini, purché opportunamente frantumati e rispondenti alle caratteristiche in seguito illustrate e ritenuti comunque idonei dalla DL.

5.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

Il materiale in opera risponderà alle caratteristiche seguenti:

- granulometria compresa nel seguente fuso (post estrazione se compresa di conglomerato bituminoso) e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
Setaccio 63	100-100
setaccio 40	94-100
setaccio 20	88-100
setaccio 14	62-88
setaccio 8	44-72
setaccio 4	28-54
setaccio 2	22-40
setaccio 0.25	5-18
Setaccio 0.063	4-10

- i bitumi da impiegare dovranno essere quelli descritti all'art. 7.1.3 e andranno impiegati orientativamente al 3,0 % in peso sulla miscela, salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL;
- verrà impiegato cemento normale (Portland, pozzolanico o d'altoforno) di classe 325 in percentuale circa del 2% in peso sulla miscela ed acqua di compattazione variabile tra 5 e 7% in peso sulla miscela salvo diverse indicazioni derivanti dallo studio e da indicazioni della DL;

5.2 STUDIO DELLA MISCELA

Ai fini della determinazione delle percentuali di cemento, bitume e umidità ottima si dovranno realizzare provini con pressa giratoria a n° giri 180 con le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche provini giratoria

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

Caratteristiche di resistenza

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,30 – 0,50	Diametro 150mm altezza 100-130 mm
CTI 25°C (GPa x 10 ⁻³)	≥ 40	
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,0 – 2,5	Diametro 150mm altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

Nel caso si impieghi solo materiale proveniente dalla fresatura di conglomerati bituminosi per la corretta esecuzione della lavorazione è bene integrare il materiale con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4 e 15- 20 % di graniglia.

Sarà la DL a stabilire le modalità di procedere valutando se è necessario integrare con materiale di pezzature diverse.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione del materiale da impiegare, delle percentuali ottimali dei leganti (cemento e bitume) e dell'acqua di compattazione.

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

Cemento (%)	1,5			2,0			2,5			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
Bitume schiumato (%)	2	2	2	3	3	3	4	4	4	
Acqua di compattazione (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta.

5.3 MODALITÀ ESECUTIVE

Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 15 cm e dovrà presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti.

È possibile, per spessori superiori a 20 cm, dividere la lavorazione in due strati.

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 riciclato.

Verificandosi comunque eccesso di umidità o danni dovuti alla pioggia o 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 un rullo monotamburo vibrante di almeno 19 tonnellate preferibilmente accoppiato ad un rullo gommato di almeno 18 tonnellate.

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

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

Il materiale dopo la stesa con vibrofinitrice dovrà presentarsi omogeneo e con bitume ben disperso (senza la presenza di grumi).

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

Particolare attenzione va posta nel controllo della umidità e dei leganti per non compromettere l'esito della lavorazione.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4 e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	> 60
24 ore	180-600

6 FONDAZIONE STABILIZZATA CON CEMENTO ED EMULSIONE BITUMINOSA SOVRASTABILIZZATA

- **D.01.004.b** "Riciclaggio a freddo di pavimentazione stradale con cemento ed emulsione bituminosa sovrastabilizzata"

Le miscele stabilizzate con cemento ed emulsione bituminosa, da impiegare negli strati di fondazione, sono costituite da aggregati vergini ovvero da materiali di riciclo della vecchia pavimentazione con quantità variabili di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) che possono arrivare fino al 100%.

Queste miscele trovano impiego sia nella costruzione di nuove infrastrutture stradali, sia negli interventi di manutenzione di pavimentazioni stradali ed aeroportuali.

6.1 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DA IMPIEGARE

6.1.1 AGGREGATI LAPIDEI

Sono in generale costituiti da materiali di riciclo di pavimentazioni stradali esistenti: conglomerato bituminoso di recupero (fresato), misto cementato, misto granulare tout venant, eventualmente integrati con aggregati vergini (di primo impiego). Non è escluso l'impiego di soli aggregati di primo impiego. Qualora i materiali di riciclo della vecchia pavimentazione contengano frazioni limo-argillose ($IP > 6$), queste devono essere eliminate (sostituite con materiali idonei) ovvero preventivamente trattate con calce.

Il conglomerato bituminoso di recupero (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 31,5 mm. Tale operazione non è necessaria quando è prevista la miscelazione in sito mediante pulvimixer.

La granulometria degli aggregati, compreso il fresato, deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo la vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer quando sia prevista la miscelazione in sito.

Qualora la granulometria degli aggregati di riciclo si discosti dal fuso indicato nella sottostante tabella, la Direzione Lavori potrà ordinarne l'integrazione mediante l'aggiunta di aggregati di primo impiego di dimensioni e caratteristiche tali da riportare la curva granulometrica nel fuso previsto.

setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
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

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

Gli aggregati impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento (UE) N. 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 12522.

Le caratteristiche tecniche degli aggregati e i metodi di attestazione devono essere conformi al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 16 novembre 2009.

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

L'aggregato grosso e l'aggregato fine possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, siano soddisfatti i requisiti indicati nelle tabelle sottostanti.

AGGREGATO GROSSO					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	LA	%	≤25	LA ₂₅
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	C	%	100	C _{NR/70}
Dimensione massima	UNI EN 933-1	D	mm	40	-
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	f	%	≤1	f ₁
Resistenza al gelo e disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤1	F ₁
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	FI	%	≤30	FI ₃₀
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	WA24	%	≤1,5	WA ₂₄ 2

AGGREGATO FINE					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	ES	%	≥60	-
Quantità di frantumato			%	100	-
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12			NP	-
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12		%	≤25	

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle sopra riportate viene verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori indicati nella documentazione di marcatura CE predisposta dal produttore degli

aggregati. La documentazione, comprendente l'etichetta di marcatura CE e la Dichiarazione di Prestazione (DoP), deve essere consegnata alla Direzione Lavori almeno 15 giorni prima dell'inizio dei lavori.

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

Per i requisiti di accettazione eventualmente non riportati nella Dichiarazione di Prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

6.1.2 EMULSIONE BITUMINOSA

Il legante bituminoso viene inserito sotto forma di emulsione bituminosa. Tale emulsione deve essere specificatamente formulata, cioè di bitume distillato, sovrastabilizzata (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10), con le caratteristiche riportate nella sottostante.

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429	-	%	<0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	<10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Miscelazione con legante idraulico	UNI EN 12848	-	%	< 2	10

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

6.1.3 CEMENTO

I cementi impiegati devono essere qualificati in conformità al Regolamento prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13282-1 (Rapid gardening hydraulic road binders) e UNI EN 13282-2 (Normal gardening hydraulic road binders).

È preferibile usare legante idraulici resistente ai solfati (SR 0) e a basso calore d'idratazione, il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

6.1.4 ACQUA

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

6.2 STUDIO DELLA MISCELA

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

Per una corretta valutazione delle caratteristiche del materiale esistente nel tronco stradale interessato dal trattamento devono esser eseguiti prelievi ogni 500 m, eventualmente intensificati in caso di disomogeneità.

Nel caso sia prevista la miscelazione con pulvimixer i campioni degli aggregati per lo studio della miscela devono esser prelevati in cantiere, subito dopo un passaggio di pulvimixer senza la stesa dei leganti.

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 riportate nella tabella sottostante.

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: $1.25^\circ \pm 0.02^\circ$

Velocità di rotazione: 30 rotazioni al minuto

Pressione verticale: 600kPa

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

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 è 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 di emulsione bituminosa, come indicato nella tabella sottostante.

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

Nel contenuto ottimo di acqua della miscela bisogna 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 $R_t > 0,35$ MPa.

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

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

- perdita di resistenza dopo saturazione in acqua (per il tempo necessario al raggiungimento del peso costante) e 15 cicli gelo – disgelo ($-20^{\circ}\text{C}/+20^{\circ}\text{C}$).

La miscela ottima di progetto è 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, resistenza a trazione indiretta e resistenza a compressione dopo cicli gelo – disgelo maggiore del 50% di quella ottenuta su provini non trattati.

Sulla miscela ottima si deve determinare la densità geometrica 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 delle singole percentuali dei trattenuti di ± 10 per gli aggregati riciclati, di ± 5 per gli aggregati di integrazione. 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.

6.3 CONFEZIONE E POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La stabilizzazione con cemento ed emulsione bituminosa può essere realizzata mediante un "treno" di riciclaggio costituito da: fresa, macchina stabilizzatrice (pulvimixer tale da frantumare i grumi del conglomerato fresato e miscelare omogeneamente cemento ed emulsione), autobotte per il legante bituminoso, autobotte per l'acqua, livellatrice e almeno 2 rulli.

Subito dopo la miscelazione si deve procedere al livellamento della miscela ed alla compattazione mediante l'impiego di un rullo vibrante di peso non inferiore a 18 tonnellate con controllo di frequenza e di ampiezza di vibrazione e di un rullo gommato di carico statico non inferiore a 24 tonnellate.

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.

In alternativa al "treno" di riciclaggio, per la confezione delle miscele potrà essere utilizzato un impianto mobile da installare in cantiere. 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. In questo caso la stesa viene effettuata con macchina vibrofinitrice cui segue la compattazione come nel caso del treno di riciclaggio.

Il trattamento di stabilizzazione deve essere sospeso con temperatura dell'aria inferiore ai 10°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

La superficie finita, controllata a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali, non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 10 mm e tale scostamento non può essere che saltuario. Qualora si riscontri un maggior scostamento dalla sagoma di progetto, non è consentito "correggere" il difetto con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale (anche se costituita dalla stessa miscela). Si suggerisce pertanto di realizzare lo strato con spessore in eccesso di 10 - 15 mm e di risagomare il piano finito, a costipamento ultimato, con macchina fresatrice.

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. Quando invece è prevista pioggia lo strato deve essere immediatamente protetto. In entrambi i casi viene utilizzata emulsione sovra stabilizzata (tipo C60B10), la stessa usata nella formazione della miscela, con un dosaggio di circa 1,5 kg/m², e successivo spargimento di graniglia o sabbia.

6.4 CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA LAVORAZIONE

Il controllo della qualità degli strati stabilizzati con cemento ed 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 m² di superficie realizzata (trattata). La Direzione Lavori potrà variare in più o in meno il numero di controlli riguardo all'andamento dei lavori e/o a specifiche problematiche di cantiere.

Sui materiali costituenti devono essere verificate le caratteristiche di accettabilità. La granulometria della miscela di aggregati deve essere verificata su campioni prelevati prima dell'aggiunta dei leganti, all'impianto di produzione oppure in sito, dopo un passaggio della macchina riciclatrice (pulvimixer).

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 le prove di resistenza a trazione indiretta ed il modulo di rigidezza in configurazione di trazione indiretta.

Dopo 90 giorni dal trattamento vengono eseguite prove per la determinazione del modulo elastico dinamico mediante deflettometro a massa battente (Falling Weight Deflectometer – FWD). Sulle carote prelevate vengono determinati il peso di volume e lo spessore. Potranno inoltre, a discrezione della Direzione Lavori, essere determinati lo spessore, il peso di volume la resistenza a trazione indiretta R_t (UNI EN 12697-23) (UNI EN 13286-42) e il modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C).

A compattazione ultimata la densità secca in situ (γ_{situ}), nel 95% dei punti controllati (con prelievo di carote), non deve essere inferiore al 97% del valore di riferimento ($\gamma_{laboratorio}$) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto costipata con pressa giratoria a 100 giri e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Quando possibile il valore di riferimento deve essere costituito dall'addensamento ottenuto sulla miscela effettivamente utilizzata in quel punto, costipata direttamente in cantiere con pressa

giratoria collocata su un laboratorio mobile. Il campione, costituito da circa 2800 g di miscela (comprensiva di cemento e acqua) deve essere costipato con 100 giri di pressa giratoria.

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 prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione o su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40 °C e successivamente, condizionati per 4 ore a 25 °C, la Resistenza a Trazione Indiretta R_t non deve essere inferiore a 0,35 MPa.

Il modulo di rigidezza alla temperatura di 20°C determinato in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26) con deformazione imposta di $5 \pm 0.2 \mu\text{m}$ su carote prelevate dopo 90 giorni dalla realizzazione e su provini confezionati in cantiere con la pressa giratoria a densità di progetto (100 giri), maturati in camera climatica per 72 ore a 40°C oppure dopo 28 giorni di maturazione a 20°C, nel 95% dei campioni, non deve essere inferiore a 3000 MPa. Sugli stessi provini e con gli stessi diametri di misura, il modulo di rigidezza alla temperatura di 40°C deve essere minore del 75% del valore ottenuto a 20°C.

Il modulo elastico, rilevato dopo 90 giorni dal trattamento con Falling Weight Deflectometer, e riferito alla temperatura di 20°C, al 15° percentile non deve essere inferiore a 3,0 GPa.

Per valori del modulo elastico (15 percentile) compresi tra 1,5 e 3,0 GPa viene applicata allo strato di fondazione una detrazione pari a:

$$\% \text{ di detrazione} = 10s + 5s^2$$

dove s è la differenza tra 3 GPa ed il valore del 15 percentile del modulo elastico del tratto omogeneo (cui il valore si riferisce) espresso in GPa.

Valori del modulo elastico inferiori a 1,5 GPa comportano la demolizione ed il rifacimento dello strato di fondazione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio dell'infrastruttura.

In alternativa la Direzione Lavori può indicare l'esecuzione di interventi compensativi della carenza rilevata che consentono di raggiungere la vita utile della pavimentazione prevista dal progetto.

Nel caso non vengano eseguite prove FWD l'accettazione della lavorazione o l'eventuale calcolo delle detrazioni viene eseguito con riferimento al modulo di rigidezza determinato sulle carote in configurazione di trazione indiretta (UNI EN 12697-26), applicando lo stesso criterio previsto per il modulo elastico.

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 d'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 sistemata su un piano adeguatamente liscio con l'eventuale disposizione di sabbia mono - granulare per livellare la superficie. Nei casi in cui non si realizzi un buon contatto tra piastra e pavimentazione, oppure l'inclinazione del piano sia eccessiva (maggiore del 6%), si possono verificare degli spostamenti laterali che inficiano i risultati.

7 LEGANTI BITUMINOSI E LORO MODIFICATI

7.1 LEGANTI BITUMINOSI SEMISOLIDI

Per leganti bituminosi semisolidi si intendono i bitumi per uso stradale costituiti sia da bitumi di base che da bitumi modificati.


7.1.1 BITUMI DI BASE

I bitumi di base per uso stradale sono quelli con le caratteristiche indicate in tab. 7.A impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi di cui all'art. 8. Le tabelle seguenti si riferiscono nella prima parte al prodotto di base così come viene prelevato nelle cisterne (stoccaggi), nella seconda parte al prodotto sottoposto all'invecchiamento artificiale; la non rispondenza del legante alle caratteristiche richieste comporta l'applicazione delle detrazioni di cui all'art. 8.4, qualora il materiale sia accettato dalla DL.

TABELLA 7.A		Bitume 50/70	Bitume 70/100
caratteristiche	U.M.	Valore	
PRIMA PARTE			
penetrazione a 25° C	dmm	50-70	70-100
punto di rammollimento	° C	45-60	40-60
punto di rottura Fraass, min.	° C	≤-6	≤-8
ritorno elastico a 25° C	%	-	-
stabilità allo stoccaggio tube test	°C	-	-
viscosità dinamica 160°C (Shear rate 5*10 ² s ⁻¹)	Pa x s	0,03-0,15	0,02-0,15
viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)			
SECONDA PARTE - valori dopo RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test)			

incremento del punto di rammollimento	°C	≤ 9	≤ 9
penetrazione residua	%	≥ 40	≥ 50

I leganti bituminosi per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE, i requisiti **obbligatori** richiesti sono:

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 09 n.certificato	
EN 12591:09 Bitume per applicazioni stradali: 50/70 Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426)... . 50-70 x 0,1 mm Punto di rammollimento (UNI EN 1427) ...46-54 °C	

- Penetrazione a 25°C
- Punto di rammollimento

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

7.1.2 BITUMI MODIFICATI

I bitumi di base di tipo 70-100 potranno essere modificati in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante l'aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni) effettuata con idonei dispositivi di miscelazione al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele in modo hard HD (modifica forte) con le caratteristiche riportate nella tabella 7.B.

TABELLA 7.B - BITUMI MODIFICATI CON AGGIUNTA DI POLIMERI		
caratteristiche	U.M.	Hard 4%-6% HD (°)
penetrazione a 25° C	dmm	50-70
punto di rammollimento	° C	70-90
punto di rottura Fraass	° C	≤ -12
ritorno elastico a 25° C	%	≥ 80
viscosità dinamica 160°C (Shear rate $5 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$)	Pa x s	0,15-0,55
viscosità dinamica 160°C (cilindri coassiali S21 20rpm)		
Stabilità allo stoccaggio tube test	°C	≤ 3 ^(°°)
valori dopo RTFOT - Rolling Thin Film Oven Test		
penetrazione residua a 25° C	%	≥ 40
Incremento del punto di rammollimento	° C	≤ 5

(°) le percentuali indicate si riferiscono alla quantità di polimero impiegata

(°°) entrambi i valori del punto di rammollimento ottenuti per il tube test non devono differire dal valore di rammollimento di riferimento di più di 5°C

Il bitume modificato Hard può anche essere utilizzato per realizzare mani d'attacco da applicare tra base, basebinder, binder e usure di qualsiasi tipologia. Esso deve possedere le caratteristiche riportate nella tabella 7.C sottostante.

TABELLA 7.C - BITUMI MODIFICATI PER MANI D'ATTACCO		
BITUME HARD		
caratteristiche	U.M.	valori
penetrazione a 25° C	dmm	50-70
punto di rammollimento	° C	60-90
punto di rottura Fraass	° C	≤ -10
viscosità dinamica a 160° C (Shear rate $5 \cdot 10^2 \text{ s}^{-1}$)	Pa x s	0,10-0,55

I leganti bituminosi modificati per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotati obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

- Penetrazione a 25°C
- Punto di rammollimento
- Ritorno elastico a 25°C

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 10 n.certificato	
EN 14023:10 Bitume modificati con polimeri per applicazioni stradali: 25-55/70 Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426).....25-55 x 0,1 mm Punto di rammollimento (UNI EN 1427)≥70°C Ritorno elastico a 25°C (UNI EN 13398).....≥70%	

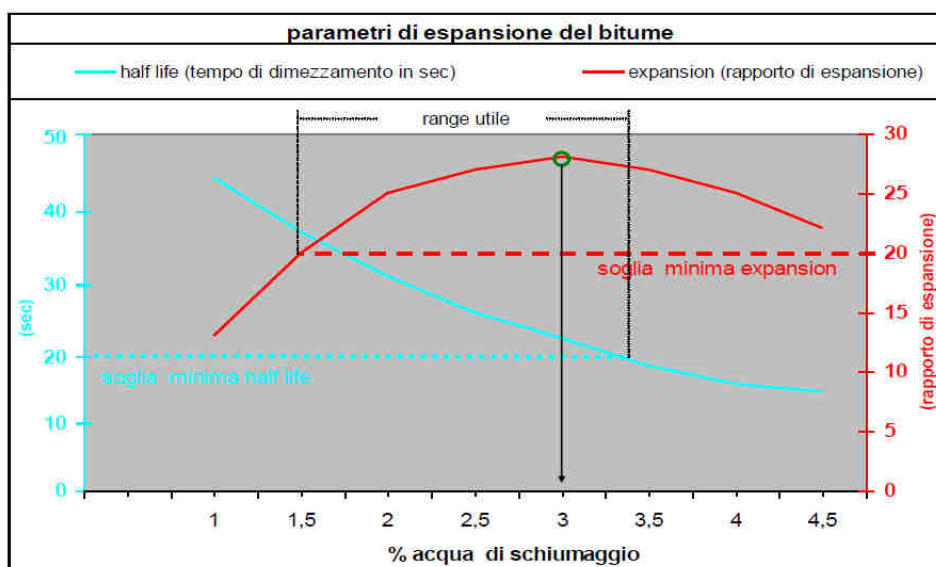
7.1.3 BITUME PER LAVORI DI RICICLAGGIO A FREDDO MEDIANTE TECNICA DELLO SCHIUMATO

Per utilizzare la tecnologia del riciclaggio a freddo mediante bitume schiumato si dovrà usare un legante TQ adatto alla "schiumatura"; con le seguenti caratteristiche:

Palla e anello (°C)	40-60	-
Penetrazione (dmm)	80-100	-
Rapporto di espansione	> 20	Rapporto tra volume schiuma e volume liquido
Tempo di dimezzamento (half life) - sec	> 15	Tempo per dimezzare il volume di schiuma
Velocità di espansione - sec	< 5	Tempo per arrivare al massimo volume

La “velocità di espansione” è il tempo necessario al bitume per raggiungere il massimo volume di schiumaggio alla prescelta quantità di acqua a partire dalla fine della fase di spruzzaggio. Ai fini della scelta della percentuale di acqua ottima (acqua di schiumaggio), nel range di accettabilità, è da preferire il valore che produce il max volume di schiumaggio, ferma restando la condizione di non superare mai il 4,5 % di acqua.

NB: le curve della figura sono esemplificative e non prescrittive



7.2 EMULSIONI BITUMINOSE

7.2.1 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ATTACCO

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


La mano d'attacco può essere realizzata con emulsioni bituminose cationiche non modificate solo tra base e basebinder, binder e usure chiuse nel caso si tratti di conglomerati realizzati con bitume tal quale. In tutti gli altri casi, fatta eccezione per le usure aperte, per le quali deve essere utilizzato bitume modificato hard, si usa bitume o emulsione affine con i conglomerati da realizzare.

TABELLA 7.D - EMULSIONI BITUMINOSE (cationiche non modificate) per mano di attacco			
caratteristiche	unità di misura	Emulsioni a rapida rottura	Emulsioni a media velocità di rottura
contenuto d'acqua	% in peso	≤40	≤45
contenuto di bitume	% in peso	≥ 60	≥ 55
grado di acidità (pH)		2-5	2-5
polarità delle particelle		positiva (cationiche) o negativa (anioniche)	

caratteristiche del bitume estratto			
penetrazione a 25° C	dmm	50-120	100-150
punto di rammollimento	° C	≥ 40	≥ 40
punto di rottura Fraass	° C	≤ -8	≤ -8

Le emulsioni cationiche bituminose per essere ritenuti **idonei e quindi impiegabili**, dovranno essere dotate obbligatoriamente di marcatura CE.

I requisiti **obbligatori** richiesti sono:

	Es. marcatura CE
N° di identificazione dell'ente notificato	
SOCIETA' 13 n.certificato	
Emulsioni cationiche bituminose per applicazioni stradali: C69 B 2 pH (UNI EN 12850).....2-5 Contenuto di bitume (UNI EN 1428).....67-71% Polarità particelle bitume (UNI EN 1430).....positiva <i>CARATTERISTICHE DEL LEGANTE:</i> Penetrazione a 25°C (UNI EN 1426)..... ≤(150) x 0,1 mm Punto di rammollimento (UNI EN 1427).....≥43 °C	

- pH
- Contenuto di acqua
- Polarità particelle bitume

Tutte queste grandezze dovranno rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della marcatura CE ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

7.2.2 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) PER MANO DI ANCORAGGIO (C55B4)

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, al contempo, fornendo una migliore adesione per l'ancoraggio del successivo strato in conglomerato bituminoso.

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa a rottura lenta con il 55% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C55B4) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,3 kg/m².

EMULSIONE BITUMINOSA C 55 B 4					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Polarità	UNI EN 1430	-		Positiva	2
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	45+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	-	%	55+/-1	4
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	r	%	> 53	4
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	< 3	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 12850	BV		110 – 195	4

7.2.3 EMULSIONI BITUMINOSE (CATIONICHE NON MODIFICATE) SOVRASTABILIZZATE (C60B10)

Le emulsioni bituminose di bitume distillato (non modificato) sovrastabilizzate sono emulsioni cationiche a rottura molto lenta (non rompono immediatamente a contatto con il cemento) con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60B10) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

Le emulsioni sovrastabilizzate vengono impiegate per la realizzazione di strati di fondazione legate o non legate stabilizzati con cemento ed emulsione bituminosa. Le stesse emulsioni devono essere impiegate a protezione di strati finiti di miscele stabilizzate con cemento, con calce e cemento, con

cemento e bitume schiumato, con cemento ed emulsione bituminosa e a protezione del misto cementato.

Tali emulsioni devono avere le caratteristiche riportate nella tabella sottostante.

EMULSIONE BITUMINOSA C 60 B10					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	6
Contenuto di legante (bitume+flussante)	UNI EN 1431	-	%	> 59	6
Omogeneità	UNI EN 1429	-	%	≤ 0,2	
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2÷4	
Miscelazione con legante idraulico	UNI EN 12848	-	%	< 2	10
Caratteristiche bitume estratto	UNI EN 1431				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	P	0,1mm	50 - 100	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	35 - 56	8
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN12593	T	°C	< -8	6

7.2.4 EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER MANO DI ATTACCO (C69BP3)

La mano d'attacco può anche essere realizzata con emulsione di bitume modificato con polimeri, spruzzata con apposita spanditrice automatica oppure, come già introdotto nel paragrafo 7.1.2, con bitume modificato con polimeri steso a caldo nella stessa quantità di bitume residuo dell'emulsione, per unità di superficie.

Per consentire il transito dei mezzi di stesa la mano d'attacco deve essere coperta con graniglia oppure con sabbia, filler o latte di calce. Eventuali granuli non perfettamente ancorati alla mano d'attacco devono essere asportati mediante moto spazzatrice prima della stesa del sovrastante strato di conglomerato bituminoso a caldo.

Il dosaggio di emulsione bituminosa o del bitume spruzzato a caldo e la quantità del materiale di ricoprimento devono essere adottati dall'Impresa in modo che sia soddisfatto il requisito di adesione tra gli strati determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretta eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

Il dosaggio consigliato di bitume modificato con polimeri residuo dell'emulsione, o del bitume modificato con polimeri spruzzato a caldo, deve essere pari a 0,40 kg/m² nel caso di stesa della base su pavimentazione precedentemente fresata, di 0,35 kg/m² nel caso di ricarica (stesa di base su pavimentazione preesistente), di 0,30 kg/m² nel caso di interfaccia tra due strati di base stesi separatamente (base stesa in due passate).

L'emulsione per mano d'attacco deve essere un'emulsione cationica a rottura rapida con il 69% di bitume residuo modificato con polimeri (designazione secondo UNI EN 13808: C69BP3) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

Il bitume modificato steso a caldo deve avere le caratteristiche del bitume residuo indicate nella tabella 7.C riportata nell'art. 7.1.2.

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO CON POLIMERI – C 69 BP 3					
Requisito	Norma	Simbolo	Unità di misura	Valori richiesti	Categoria
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	w	%	30+/-1	9
Contenuto di legante bituminoso	UNI EN 1431	r	%	67 – 71	8
Contenuto flussante	UNI EN 1431	o	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV		70 – 155	3
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 65	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -15	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	RE	%	≥ 75	4
Coesione con Force ductility a 10°C	UNI EN 13589 UNI EN 13703	-	J/cm2	≥ 2.0	6

7.2.5 EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE E SOVRASTABILIZZATE PER STRATI DI BASE RICICLATE A FREDDO (C60BP10)

L'emulsione per strati di base riciclate a freddo deve essere un'emulsione cationica sovra stabilizzata a rottura lenta (non devono rompere immediatamente a contatto con il cemento) con il 60% di bitume residuo (designazione secondo UNI EN 13808: C60BP10) rispondente alle specifiche indicate nella tabella sottostante.

EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO C60BP10					
Requisito	Norma	Simbolo	unità di misura	Valori richiesti	Classe
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40+/-1	-
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	r	%	60+/-1	6
Contenuto flussante	UNI EN 1431	-	%	0	-
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤10	3
pH (grado di acidità)	UNI EN 12850	pH		2 – 4	-
Miscelazione con cemento	UNI EN 12848		%	< 2	10
Residuo bituminoso (per evaporazione)					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	-	0,1mm	50-70	3
Punto di rammollimento	UNI EN1427	-	°C	> 60	2
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	< -13	-
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	RE	%	≥50	5

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

Per i requisiti non riportati nella Dichiarazione di prestazione la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

7.3 ADDITIVI RIGENERANTI/FLUIDIFICANTI

Gli additivi rigeneranti/fluidificanti sono composti chimici da utilizzare sempre nelle lavorazioni in cui si reimpiegano materiali fresati nella produzione di conglomerati bituminosi a caldo.

Essi devono avere caratteristiche tali da modificare e migliorare le proprietà di adesione, suscettibilità termica, coesione, viscosità e resistenza all'invecchiamento del legante totale (vecchio + nuovo).

Il dosaggio sarà indicativamente dello 0,2%-0,8% in peso rispetto al legante totale, secondo indicazioni della DL ed in accordo con i Laboratori accreditati o con il CSS; a seconda dell'impiego l'additivo può essere disperso nell'acqua o nel legante di aggiunta (bitume od emulsione). Può anche essere aggiunto nel fresato, durante la fresatura, nel caso di impiego diretto.

I prodotti devono essere approvati dalla DL sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite da CSS per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla DL le bolle di consegna.

In alternativa agli additivi rigeneranti e/o flussanti, allo stesso scopo possono essere utilizzati bitumi appositamente formulati specifici per il riciclaggio del conglomerato.

7.4 ATTIVANTI DI ADESIONE (DOPES, DP)

Gli attivanti di adesione hanno la funzione di aumentare l'adesione inerte/bitume.

Gli attivanti di adesione debbono essere impiegati nel caso si utilizzino aggregati ad elevato tenore in silice come quarziti, graniti ecc (per esempio porfido).

In generale gli attivanti di adesione danno vantaggi anche nel caso di lavorazioni eseguite in condizioni meteorologiche non favorevoli, con aggregati umidi, per pavimentazioni esposte a condizioni severe (temperature basse, frequente spargimento di sali fondenti ecc.).

Indicativamente si impiegano in ragione di 0,3 - 0,6 % in peso sul bitume a seconda della natura mineralogica dell'inerte, delle caratteristiche del legante (viscosità) e della miscela da realizzare.

In linea generale vanno aumentati per miscele aperte e/o bitumi a bassa viscosità e viceversa.

Gli attivanti devono essere dispersi nel bitume.

I prodotti devono essere approvati dalla DL sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati valutandone il dosaggio e l'efficacia, eventualmente con metodologie concordate e/o definite da CSS per la relativa accettazione.

Inoltre i prodotti devono essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano caratteristiche, sicurezza e modalità di impiego, che potranno essere verificati anche con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle effettive quantità impiegate, vanno fornite in copia alla DL le bolle di consegna.

La sensibilità all'acqua del conglomerato bituminoso di usura va dichiarata nello studio della miscela e nella DoP.

La verifica alla sensibilità all'acqua, a discrezione della DL, sarà eseguita secondo la UNI EN 12697-12.

7.5 FIBRE PER IL RINFORZO STRUTTURALE DEL BITUME (FB)

Sono prodotti che migliorano le caratteristiche strutturali del conglomerato bituminoso, aumentando i valori di resistenza a trazione e le caratteristiche di fatica, diminuendo la suscettibilità termica.

Possono essere impiegate per conglomerati bituminosi con % di vuoti > 15% (a n° giri medio N2 alla giratoria) per aumentarne la stabilità nel tempo.

Danno inoltre vantaggi sulle lavorazioni aumentando lo spessore della pellicola del legante e diminuendo problemi di collaggio del bitume, soprattutto in stagioni calde e per cantieri lontani dagli impianti.

L'elemento fibroso rinforzante può essere di natura minerale o sintetica; si possono usare soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti cellulosici o anche polimerici (es polietilene ecc).

In ogni caso le fibre o la loro miscela dovranno essere in formato tale da impedire la dispersione in aria delle parti volatili durante la movimentazione e tutto l'arco temporale dell'impiego (ad es. pellets realizzati con elementi agglomeranti tipo cellulosa).

L'elemento rinforzante principale deve essere contenuto almeno al 70%, mentre le percentuali di impiego della fibra o delle sue miscele sono indicativamente 0,05% - 0,5% in peso sugli aggregati a seconda della tipologia di fibra impiegata o della presenza o meno delle miscele.

L'impiego delle fibre richiede l'utilizzo di macchinari per la corretta dosatura, disaggregazione e dispersione nel conglomerato, oltreché per evitare fenomeni di dispersione in aria.

Le fibre o le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare nel conglomerato.

Le dimensioni (diametro e lunghezza) delle fibre o delle loro miscele, dovranno essere tali da non risultare pericolose per inalazione e in generale non pericolose per il personale operante.

Le fibre rinforzanti, devono avere le seguenti caratteristiche geometriche e meccaniche:

Tabella fibre rinforzanti

Lunghezza (µm)	200 - 6000
Diametro (µm)	8 - 20
Resistenza alla trazione (GPa)	1,5 - 3
Allungamento massimo (%)	1 - 3
Punto di fusione (°C)	> 300 °C

La validità delle fibre o delle loro miscele, dovrà esser verificata con le prove prestazionali del legante completo, ottenuto operando con le miscele drenanti standard di riferimento approvate dal CSS realizzando provini con e senza fibre valutandone l'efficacia in termini di resistenze a trazione diametrale.

Tutti i prodotti devono essere approvati sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati se non già preventivamente approvati dal CSS e devono essere accompagnati da scheda tecnica e di sicurezza.

7.6 TABELLA SINOTTICA DEI MATERIALI LEGANTI E LORO ADDITIVI

Le lavorazioni previste devono essere eseguite impiegando i leganti bituminosi adeguati:

Lavorazioni	Leganti			Additivi		
Usure A e B (D.01.021, D.01.024, D.01.027)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Usura B con compound polimerici (D.01.023)	TQ			rigenerante	DP	
Usura A con compound polimerici (D.01.028)	TQ			rigenerante	DP	
Usura drenante (D.01.036)		HD			DP	FB
Usura tipo dense graded confezionata a tiepido (D.01.039)	TQ				DP	
Usura a bassa emissione sonora (D.01.040)		HD		rigenerante	DP	
Usura con scorie d'acciaieria (D.01.042)		HD		rigenerante	DP	
Microtappeto di usura (D.01.048)			C60BP10			
Rappezzi localizzati (D.01.050)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Pavimentazione di marciapiedi (D.01.047)	TQ					
Binder (D.01.017)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Binder con compound polimerici (D.01.019)	TQ			rigenerante	DP	
Base (D.01.005)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Base con compound polimerici (D.01.006)	TQ			rigenerante	DP	
Basebinder (D.01.011)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Basebinder con compound polimerici (D.01.013)	TQ			rigenerante	DP	
Risagomature (D.01.008)	TQ	HD		rigenerante	DP	
Risagomature con compound polimerici (D.01.007)	TQ			rigenerante	DP	

Lavorazioni	Leganti			Additivi		
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione (D.01.010)			C60BP10	rigenerante		
Riciclaggio con bitume schiumato in sito (D.01.004.a)	TQ			rigenerante		
Riciclaggio a freddo di fondazione stradale con emulsione in sito (D.01.004.b)			C60B10	rigenerante		

Additivi rigeneranti/fluidificanti, DP e FB vanno utilizzati su indicazioni della DL.

7.7 TABELLA SINOTTICA DELLE MANI D'ATTACCO/ANCORAGGIO

Le lavorazioni previste devono essere eseguite applicando al di sopra degli strati compattati le mani d'attacco/ancoraggio adeguate come indicato nella tabella sottostante:

Lavorazioni	Mano d'attacco/ancoraggio					
Binder*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Base*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Basebinder*	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Risagomature	HD	Emulsione non modificata	C69BP3			
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione in sito				C60BP10		
Riciclaggio a freddo di strato di base con emulsione in impianto				C60BP10		
Riciclaggio con bitume schiumato in sito					C60B10	
Riciclaggio a freddo di fondazione stradale con emulsione in sito					C60B10	
Misto cementato					C60B10	
Misto granulare						C55B4

*Qualora l'usura da stendere al di sopra dello strato di binder sia di tipo aperto e nello specifico caso dei risanamenti superficiali, la mano d'attacco da applicare dovrà essere necessariamente realizzata con bitume modificato Hard (Vedi art. 7.1.2)

7.8 NORMATIVE PER LA DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LEGANTI BITUMINOSI DI CUI AI PUNTI PRECEDENTI

Bitumi semisolidi

Penetrazione	Normativa UNI EN 1426
Punto di rammolimento	Normativa UNI EN 1427
Punto di rottura Fraass	Normativa UNI EN 12593
Ritorno elastico	Normativa UNI EN 13398
Stabilità allo stoccaggio tube test	Normativa UNI EN 13399
Viscosità dinamica (metodo cono-piatto)	Normativa UNI EN 13702
Viscosità dinamica (cilindri coassiali)	Normativa UNI EN 13302
Perdita per riscaldamento in strato sottile (RTFOT)	Normativa UNI EN 12607-1

Emulsioni bituminose

Contenuto di bitume (residuo per distillazione)	Normativa UNI EN 1431
Contenuto d'acqua	Normativa UNI EN 1428
Grado di acidità	Normativa UNI EN 12850
Polarità delle particelle	Normativa UNI EN 1430
Recupero del legante	Normativa UNI EN 13074
Sedimentazione	Normativa UNI EN 12847

8 CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

8.1 CONGLOMERATI BITUMINOSI DI BASE, BASEBINDER, BINDER, USURA

Queste miscele possono essere impiegate per tutte le tipologie di lavorazione, **Manutenzione Ordinaria (MO)**, **Manutenzione Straordinaria (MS)** e **Nuove Costruzioni (NC)**, con l'eccezione della Base che dovrebbe essere impiegata per MO solo in casi di lavorazioni di piccole entità ed improrogabili.

8.1.1 DESCRIZIONE

Il conglomerato è costituito da una miscela di aggregati lapidei naturali (ghiaie, pietrischi, graniglie, sabbie ed additivi), e/o artificiali (argilla espansa, scoria di acciaieria, etc...), e/o in parte riciclati (provenienti da conglomerato bituminoso di recupero) impastata a caldo con bitume semisolido di cui

all'art. 7.1 di seguito denominato "Bitume", in impianti di tipo fisso automatizzati. Il conglomerato per i vari strati (base, basebinder, binder, usura) è posto in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato. Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

8.1.2 BITUME

Si richiamano espressamente le norme di cui all'art. 7, i conglomerati di base, basebinder, binder e usura potranno essere realizzati con bitumi di base oppure con bitumi modificati.

8.1.3 AGGREGATI

Gli aggregati possono essere lapidei o di natura artificiale. In ogni caso dovranno essere costituiti da elementi sani, duri, di forma poliedrica, puliti esenti da polvere e da materiali estranei secondo le norme UNI EN 13043; i granuli non dovranno mai avere forma appiattita, allungata o lenticolare.

La miscela degli aggregati è costituita dall'insieme degli aggregati grossi e dagli aggregati fini ed eventuali additivi (filler) secondo la definizione delle norme UNI EN 13108-1.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore relativamente (almeno) ai requisiti richiesti

8.1.4 AGGREGATO GROSSO (PEZZATURE DA 4 A 31,5 MM)

L'aggregato grosso sarà costituito da frantumati, ghiaie, ghiaie frantumate, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza o natura diversa (anche di origine artificiale), purché alle prove di seguito elencate eseguite su campioni rispondenti alla miscela che si intende formare risponda ai seguenti requisiti.

8.1.4.1 STRATO DI BASE

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 70% in peso. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2 dovrà essere inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.2 STRATO DI BASEBINDER

Nella miscela di questo strato dovranno essere impiegati aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde) in percentuale superiore al 80% in peso. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature secondo la Norma UNI EN 1097-2 dovrà essere inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.3 STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Per questo strato dovranno essere impiegati esclusivamente aggregati lapidei frantumati (privi di facce tonde), con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore o uguale al 25%.

Il coefficiente di appiattimento, determinato in accordo con la UNI EN 933-3, deve essere inferiore o uguale a 15.

8.1.4.4 STRATO DI USURA

Dovranno essere impiegati frantumati di cava con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole classi granulometriche (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore o uguale a 20% ovvero, in percentuali ridotte, aggregati artificiali (argilla espansa, scorie di acciaieria ecc.), in questo caso sarà la DL a decidere, di volta in volta, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego.

Poiché tali materiali possono avere pesi di volume notevolmente diversi dagli aggregati lapidei usuali, nella formulazione della granulometria degli aggregati e della percentuale di bitume si devono apportare adeguate correzioni per tenere conto delle diverse masse volumiche.

Gli aggregati dovranno poi rispondere ai seguenti requisiti:

- coefficiente di appiattimento minore o uguale a 15% (UNI EN 933-3);
- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) per singola tipologia di aggregato maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8);
- resistenza al gelo/disgelo minore o uguale all' 1% (UNI EN 1367-1).

E' facoltà di ANAS accettare l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti; in questo caso (fermo restando i requisiti richiesti), la percentuale di impiego di questi ultimi, sul totale degli aggregati, non deve essere superiore al 50%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso) $\geq 80\%$; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

È inoltre facoltà di ANAS S.p.A. non accettare materiali che in precedenti esperienze abbiano provocato nel conglomerato finito inconvenienti (es.: rapidi decadimenti del CAT, scadente omogeneità nell'impasto per la loro insufficiente affinità con il bitume, ecc.) anche se rispondenti ai limiti sopraindicati.

I valori idonei di PSV non assicurano il raggiungimento dei prescritti valori di CAT in quanto sull'aderenza incidono anche altri fattori quali, ad esempio, la natura litologica della sabbia.

8.1.5 AGGREGATO FINO (PEZZATURE INFERIORI A 4 MM)

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione.

L'equivalente in sabbia determinato secondo la UNI EN 933-8 dovrà essere superiore od uguale a 75 nel caso di impiego in strati di usura, ovvero superiore o uguale a 60 negli altri casi.

8.1.6 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, 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): $\Delta_{R\&B} > 5\%$

8.1.7 MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base+2 e compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa tra i sottoindicati intervalli per i diversi tipi di conglomerato.

8.1.7.1 BASE CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.005 "conglomerato bituminoso per strato di Base"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
Setaccio 31.5	100
setaccio 20	68-88
setaccio 16	55-78
setaccio 8	36-60
setaccio 4	25-48
Setaccio 2	18-38
Setaccio 0,5	8-21
setaccio 0,25	5-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 3,8%-5,2% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 8 e 15 cm.

8.1.7.2 BASEBINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.011 "strato di Basebinder"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
Setaccio 31.5	100
setaccio 20	78-100
setaccio 16	66-86
setaccio 8	42-62
setaccio 4	30-50
Setaccio 2	20-38
Setaccio 0,5	8-21
setaccio 0,25	5-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,0%-5,3% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 7 e 12 cm.

8.1.7.3 BINDER CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.017 "conglomerato bituminoso per strato di collegamento (binder)"

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
setaccio 20	100
setaccio 16	90-100
setaccio 12,5	66-86
setaccio 8	52-72
setaccio 4	34-54
Setaccio 2	25-40
Setaccio 0,5	10-22

setaccio 0,25	6-16
setaccio 0,063	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,1%-5,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 8 cm.

8.1.7.4 USURA TIPO "A" E "B" CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

Tipo "A"

- D.01.024 "strato di usura tipo A (4-6cm)"

Tipo "B"

- D.01.021 "strato di usura tipo B "

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %	passante totale in peso %
	FUSO A	FUSO B
setaccio 16	100	-
setaccio 12,5	90-100	100
setaccio 8	70-88	90-100
setaccio 4	40-58	44-64
Setaccio 2	25-38	28-42
Setaccio 0,5	10-20	12-24
setaccio 0,25	8-16	8-18
setaccio 0,063	6-10	6-10

Bitume, riferito alla miscela, 4,5%-6,1% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 4 e 6 cm per l'usura tipo A e 3 cm per il tipo B.

La DL si riserva la facoltà di decidere di volta in volta quale sarà il fuso di riferimento da adottare.

8.1.7.5 USURA A CON ARGILLA ESPANSA CON BITUME MODIFICATO E TAL QUALE

- D.01.027 "strato di usura tipo A (4-6 cm) con impiego di argilla espansa"

Ai fini di realizzare tratti con elevate caratteristiche di resistenza alla "lucidatura" è possibile impiegare nella miscela di usura "A" l'inerte artificiale argilla espansa; inoltre è possibile l'impiego di tale

materiale in aree dove mancano aggregati di adeguate prestazioni per la realizzazione delle miscele superficiali.

Gli aggregati dovranno avere resistenza alla levigabilità PSV ≥ 46 .

Per la realizzazione della usura A con argilla espansa valgono le stesse prescrizioni valide per l'usura tipo A con l'aggiunta delle seguenti condizioni per l'argilla espansa:

- l'argilla espansa dovrà essere di tipo resistente o strutturale con pezzatura 4/10mm
- la resistenza dei granuli allo schiacciamento ≥ 27 daN/cm²
- l'argilla dovrà essere impiegata in percentuali comprese tra 10 e 12 % in peso sulla miscela degli aggregati

La percentuale di bitume riferita alla miscela, deve essere compresa tra 5,4% e 6,8%.

Ai fini della lavorazione l'argilla espansa dovrà essere stoccata in cantiere in idonei siti per evitare che venga a contatto con pioggia o acqua in generale.

L'impiego di argilla espansa può essere esteso anche al binder con le stesse caratteristiche e modalità di impiego.

L'impiego della miscela di binder alleggerita (insieme all'usura) può essere prevista nel caso si voglia ridurre il peso proprio dell'impalcato nel caso di uso sui ponti o viadotti, consentendo imbottiture, impiego di barriere più pesanti, ampliamenti ecc.

8.1.7.6 CONGLOMERATI BITUMINOSI MIGLIORATI MEDIANTE L'ADDITIVAZIONE DI COMPOUND POLIMERICI

- **D.01.006** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di base"
- **D.01.013** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato basebinder"
- **D.01.019** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di collegamento (binder)"
- **D.01.023** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di usura tipo B"
- **D.01.028** "conglomerato migliorato mediante l'additivazione di compound polimerici per strato di usura tipo A (4-6 cm)"

Ai fini di elevare la resistenza meccanica (cioè la capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli) e la vita utile dei conglomerati bituminosi

chiusi con bitume Tal Quale 50/70 (tab 7.A) è possibile prevedere l'utilizzo di compound polimerici nelle miscele, appositamente studiati per tali scopi.

Tali prodotti, di norma, sono impiegati per lavorazioni su strade soggette a carichi pesanti o dove risulta difficoltoso reperire bitumi modificati.

Le formulazioni delle miscele in riferimento alla percentuale di legante, aggregati, curva granulometrica restano le medesime dei conglomerati tradizionali descritti nei paragrafi precedenti, così come le modalità di messa in opera.

La percentuale di impiego del compound dovrà essere compresa nell'intervallo 3%-5% rispetto al peso del bitume, e lo stesso dovrà essere aggiunto direttamente nel mescolatore dell'impianto con l'utilizzo di una macchina pneumatica dosatrice dotata di bilancia e controllo delle quantità immesse.

Inoltre la quantità di impiego del compound dovrà essere dinamicamente correlata alla quantità di bitume immesso mediante l'interfacciamento della macchina dosatrice con l'impianto di produzione.

L'immissione deve avvenire subito dopo lo scarico degli aggregati e prima del bitume.

Il fornitore del compound dovrà assicurare la necessaria assistenza ai fini di garantire la giusta modalità di applicazione in impianto e durante la stesa del prodotto stesso.

Poiché la funzione principale di questa tipologia di prodotti è quella di aumentare la rigidità e la vita utile dei conglomerati, è estremamente importante effettuare gli studi di prequalifica per determinare i corretti dosaggi in funzione delle prestazioni da ottenere.

Ai fini della verifica delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dovranno essere realizzati provini con pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

	Usura A e B	Binder	Base e basebinder
Pressione verticale kPa	600 ± 3		
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02		
Velocità di rotazione (giri/min)	30		
Diametro provino (mm)	100	100	150
Numero di giri totali (N3)	210	180	180

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura A e B	Binder, Basebinder, Base	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	10	11-15
N2	120	100	3-6
N3	210	180	>2

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C e 40 °C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	T = 25°C	T = 40°C
Trazione Indiretta		
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,90 – 2,2	0,55 – 1,00
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 90	≥ 55

In aggiunta ai controlli tradizionali in opera vanno eseguite sui carotaggi anche le prove di modulo di rigidezza (UNI EN 12697-26 Annesso C) che dovranno rispettare i seguenti requisiti:

Modulo di rigidezza (MPa)	Usura A e B, Binder, Basebinder, Base
Temperatura di prova 20 °C	3000 - 8000
Temperatura di prova 40 °C	500 - 1000

(*) I provini ricavati dalle carote dovranno avere spessori compresi tra 30 mm e 75 mm

Caratteristiche dei polimeri impiegabili

L'impiego di tali prodotti dovrà essere approvato dalla DL, inoltre tali prodotti devono essere accompagnati da scheda di sicurezza e scheda tecnica (redatta secondo le indicazioni riportate nel CSA) dove sono indicate caratteristiche, modalità di impiego e provenienza.

Il compound dovrà essere formato da granuli semisolidi a basso peso molecolare dalle seguenti caratteristiche:

Compound polimerico			
caratteristiche	norma	unità di misura	valori
Composizione (polimero sia vergine che riciclato)	ISO 11357 (analisi DSC) e 11348 (analisi TGA)	% in peso	Polipropilene (PP) 60÷70 Polietilene (LDPE e HDPE) 16÷30
Aspetto	-	-	Granuli di forma omogenea
Odore	-	-	Inodore
Dimensioni	-	mm	2-4
Umidità	ISO 15512 (Karl Fischer)	%	< 1
Densità	ISO 1183-1 (metodo per immersione)	g/cm ³	0,70-1,34
Ceneri	UNI ISO 3451-1	%	10÷14
Volatile matter	ASTM D5668 (1 ora a 120°C)	%	0,5 – 0,9
Indice di fluidità	ISO 1133	cc/10'	230°C / 2,16 kg MVR: 10 – 40 190 °C / 5 kg MVR: 3,5 – 4,5
Indice di fluidità	ISO 1133	g/10'	230°C / 2,16 kg MVR: 7,5 – 34,5 190 °C / 5 kg MVR: 3,2 – 4,2

Il fornitore deve consegnare documentazione (test di cessione, emissioni in atmosfera, ecc) attestante la sicurezza del prodotto che non dovrà rilasciare sostanze pericolose sia a caldo (per le temperature di stesa previste dal CSA) che a freddo (temperature di esercizio delle pavimentazioni);

- essere conforme al regolamento REACH;
- essere dotato di marchio "Plastica Seconda Vita" o analogo.

8.1.7.7 USURA TIPO "A" E "B" A BASSA LEVIGABILITÀ (ELEVATA ADERENZA)

- **D.01.042** "conglomerato bituminoso per tappeto d'usura con inerte con scorie di acciaieria"

Ai fini di realizzare tratti con elevate caratteristiche di aderenza è possibile impiegare nella miscela di usura inerti artificiali; inoltre è possibile l'impiego di tale materiale in aree dove mancano aggregati di adeguate prestazioni per la realizzazione delle miscele superficiali.

Per la realizzazione della usura con scorie di acciaieria valgono le stesse prescrizioni indicate per l'usura tipo A e B.

Poiché l'inerte artificiale può avere pesi di volume notevolmente diversi dagli aggregati lapidei usuali, nella formulazione della granulometria degli aggregati e della percentuale di bitume si devono apportare adeguate correzioni per tenere conto delle diverse masse volumiche. Nel mix design vanno obbligatoriamente indicate le percentuali di impiego delle singole frazioni granulometriche e del bitume sia riferite al peso che al volume della miscela.

Il fuso granulometrico dovrà essere rispettato impiegando una percentuale in peso da un minimo del 20% a un massimo del 30% di aggregato artificiale costituito da scorie di acciaieria.

Bitume modificato hard, riferito alla miscela, 4,5%-5,7% (UNI EN 12697-1 e 39).

Gli aggregati artificiali costituiti da scorie di acciaieria dovranno avere resistenza alla levigabilità $PSV \geq 50$ e una perdita in peso alla prova Los Angeles (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore al 20%.

8.1.7.8 USURA TIPO SMA (SPLITT MASTIX ASPHALT)

- **D.01.035** "conglomerato bituminoso per tappeto d'usura tipo SMA (Splitt Mastix Asphalt) ad elevata rugosità superficiale"

Lo splittmastix è una miscela a granulometria discontinua, con elevata percentuale di bitume modificato HD (art. 7.2.1) e filler, con additivi stabilizzanti ed è a basso tenore di vuoti.

Lo SMA viene realizzato nell'obiettivo di incrementare le caratteristiche di durabilità, resistenza alle deformazioni, rugosità superficiale (macrorugosità) ed impermeabilità verso gli strati inferiori.

Gli aggregati dovranno essere tutti di frantumazione, naturali e rispondere ai seguenti requisiti:

- coefficiente di appiattimento minore o uguale a 15% (UNI EN 933-3);
- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) per singola tipologia di aggregato maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (secondo la Norma UNI EN 1097-2) inferiore al 20%.
- resistenza al gelo/disgelo minore o uguale all' 1% (UNI EN 1367-1).

Apertura setacci UNI	passante totale in peso %
	FUSO
setaccio 16	100
setaccio 12,5	90-100
setaccio 8	50-70
setaccio 4	28-44
Setaccio 2	20-31
Setaccio 0,5	13-22
setaccio 0,25	10-18
setaccio 0,063	8-12

Bitume modificato HD, riferito alla miscela, 6,0%-7,5% (UNI EN 12697-1 e 39) e spessori compresi tra 3,5 e 5 cm.

Ai fini della verifica delle caratteristiche volumetriche e meccaniche dovranno essere realizzati provini con pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 \pm 3
Angolo di rotazione	1,25 \pm 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	100
Numero di giri totali (N3)	180

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	SMA	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	8-13
N2	100	2-4
N3	180	\geq 1

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume HD
Rt (GPa x 10-3)	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10-3)	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

È previsto l'impiego di fibre addensanti/stabilizzanti di cellulosa, minerali o sintetiche (o miste) ai fini di stabilizzare il mastice di bitume nella percentuale indicativa 0,2%-0,4% in peso sugli inerti.

Nella miscela di progetto dovrà essere specificata la tipologia di fibre impiegate e la loro idoneità all'uso comprese le caratteristiche di sicurezza richiamate al punto 7.5 "Fibre per il rinforzo del bitume".

Particolare attenzione dovrà essere posta alle temperature di produzione e stesa ed alle modalità di messa in opera in relazione alla presenza dell'elevato tenore di bitume e filler che insieme alle fibre compongono il "mastice".

Sono da evitare gli impieghi dei rulli gommati (o misti acciaio gomma).

Le restanti caratteristiche e requisiti richiesti della miscela non specificati fanno riferimento ai requisiti richiesti per l'usura tipo A.

8.1.8 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I conglomerati dovranno avere ciascuno i requisiti descritti nei punti a cui si riferiscono.

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 ± 3	
Angolo di rotazione	1,25 ± 0,02	
Velocità di rotazione (giri/min)	30	
Diametro provino (mm)	150	Per base e basebinder
Diametro provino (mm)	100	Per usura A ,B e binder

8.1.8.1 STRATO DI BASE E BASEBINDER

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli e sufficiente flessibilità per poter seguire sotto gli stessi carichi qualunque eventuale assestamento del sottofondo anche a lunga scadenza.

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Base e basebinder		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	100	120	3-6
N3	180	200	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume HD
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,72 – 1,40*	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.2 STRATO DI COLLEGAMENTO (BINDER)

Elevata resistenza meccanica cioè capacità di sopportare senza deformazioni permanenti le sollecitazioni trasmesse dalle ruote dei veicoli. I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale); il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	binder		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	100	120	3-6
N3	180	200	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C. I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con e HD
Rt (GPa x 10-3)	0,72 – 1,40*	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10-3)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.3 STRATO DI USURA

Elevata resistenza meccanica e rugosità superficiale.

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura A e B		% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
	TQ	HD	
N1	10	10	11-15
N2	120	140	3-6
N3	210	230	≥ 2

Le miscele studiate in laboratorio e quelle prodotte in impianto e prelevate alla stesa, compattate mediante pressa giratoria a N3, dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Miscele con bitume TQ	Miscele con bitume HD
Rt (GPa x 10-3)	0,72 – 1,40*	0,95 – 1,70*
CTI (GPa x 10-3)	≥ 60	≥ 70

* Nei casi in cui la prova di trazione indiretta viene eseguita su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio, il valore massimo di Rt è aumentato di 0,25.

8.1.8.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le seguenti attività di controllo, di tipo prescrittivo, si applicano sempre ai lavori di Manutenzione Ordinaria (MO), ai lavori di Manutenzione Straordinaria (MS) e Nuove Costruzioni (NC) secondo quanto indicato nella premessa e riportato nell'art. 11.1.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, alla composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali delle miscele (mix design).

Una volta accettata dalla DL la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Le tolleranze ammesse relative alla granulometria risultante rispetto alla miscela ottimale approvata sono:

Aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2mm)	5%
Aggregato fino (passante setaccio al 2mm e trattenuto al setaccio 0,063mm)	3%
Additivi Filler (passante al setaccio 0,063mm)	1,5%

Per la percentuale di bitume non sarà accettato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,3\%$ e sempre contenuta nei limiti indicati per ciascuna miscela. Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate in stesa, all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati i seguenti controlli:

- 1) la verifica granulometrica dei singoli aggregati prelevati in impianto;
- 2) la verifica della composizione del conglomerato andrà effettuata mediante estrazione del legante con ignizione o sistemi a solvente dalla quale verrà ricavata la granulometria e la percentuale di legante, prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dietro finitrice;
- 3) sui prelievi di conglomerato andranno inoltre realizzati provini giratoria per il controllo della percentuale dei vuoti e delle resistenze diametrali che dovranno rispettare gli intervalli espressi (art. 8.1.8);
- 4) i controlli 2 e 3 saranno effettuati ogni 400 tonnellate per base e basebinder e ogni 200 tonnellate per binder e usura. Per piccole stese (<300mt) almeno n.1 prelievo a lavorazione per ciascuno strato. Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

In particolare la verifica delle caratteristiche del **bitume** dovrà essere fatta almeno ogni 500 m³ di conglomerato (per ciascun strato) con prelievi a norma UNI EN 58 sulle cisterne di stoccaggio dell'impianto.

Per lavorazioni di estensione inferiori a 500mt è sufficiente un prelievo per strato

In corso d'opera ed in ogni fase delle lavorazioni la DL effettuerà a sua discrezione tutte le verifiche, prove e controlli che riterrà necessari atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

8.1.8.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato 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 comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La DL potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la 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 mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

La zona destinata all'ammanimento degli aggregati lapidei 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 corrispondente alle classi impiegate.

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

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 160° e 180°C e quella del legante tra 150 e 180°C salvo diverse disposizioni della DL 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.

8.1.8.6 POSA IN OPERA

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo di ogni residuo di qualsiasi natura.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dei tipi approvati dalla DL in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento. La DL 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 ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella 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 finitrici.

Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spruzzato con emulsione bituminosa per mano di attacco per assicurare la saldatura della striscia successiva.

Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si dovrà procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento, mentre sui giunti di inizio lavorazione si dovrà provvedere all'asporto dello strato sottostante mediante fresatura.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 10 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei 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 dall'impianto di confezione 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 formazione di crostoni.

L'impianto di confezionamento del conglomerato dovrà essere collocato di norma entro un raggio di 70 chilometri dalla zona di stesa.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice dovrà risultare in ogni momento non inferiore a 160°C per conglomerati con bitume modificato e 140°C per conglomerati con bitumi normali.

La stesa dei conglomerati 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 dei conglomerati dovrà iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento di norma dovrà essere realizzato con rulli dei seguenti tipi:

- strato di base, basebinder e binder - rullo tandem vibrante più rullo gommato con almeno sette ruote e peso del rullo di 14 tonnellate, oppure rullo combinato ferro-gomma;
- strato di usura - rullo tandem vibrante con peso di almeno 10 tonnellate, oppure combinato ferro-gomma.

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

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4,00 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; sarà tollerato uno scostamento di 5 mm. Inoltre l'accettazione della regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nell'art. 11. Per lo strato di base la miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla DL la rispondenza di questa ultima ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza.

Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto granulare dovrà essere realizzata una mano di ancoraggio con emulsione a lenta rottura (vedi art. 7.2.2) coperta con sabbia fine o filler al fine di evitare l'asportazione da parte dei mezzi d'opera. L'eventuale materiale in eccesso non trattenuto dall'emulsione bituminosa deve essere rimosso prima della stesa del conglomerato bituminoso.

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

Procedendo la stesa in doppio strato i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere eventualmente interposta una mano d'attacco di emulsione bituminosa o bitume preferibilmente modificato in ragione di 0,6-1,2 kg/m².

Nel caso di risanamenti superficiali l'uso del bitume modificato Hard come mano di attacco è d'obbligo.

Tra i vari strati deve comunque essere sempre prevista la mano di attacco.

8.1.8.7 CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO (FRESATO) – MODALITA' DI REIMPIEGO

In caso di utilizzo di materiale bituminoso di recupero (fresato), la classificazione del materiale andrà fatta secondo la UNI EN 13108/8.

I conglomerati bituminosi di recupero delle pavimentazioni, per brevità chiamati nel seguito "fresati", sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti sottoposte a successiva frantumazione. Essi possono essere utilizzati nei conglomerati bituminosi a caldo, nel riciclaggio a freddo oppure nella formazione dei rilevati fino a un massimo del 30% della miscela degli aggregati.

Il fresato non può essere impiegato negli strati di fondazione e sottofondazione in misto granulare (senza leganti aggiunti) e nei misti cementati.

L'impiego del fresato deve rispondere a quanto prescritto dal TU Ambientale 152/06 e successive integrazioni. In particolare, la messa in riserva e l'impiego di fresato per gli usi sopra descritti, al di fuori dei conglomerati bituminosi, è subordinato all'esecuzione del "test di cessione" sul rifiuto eseguito sul materiale tal quale, secondo il metodo riportato in allegato n° 3 al Decreto Ministeriale del Ministero dell'Ambiente n° 72 del 5 febbraio 1998 (Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del DL n° 22 del 5 febbraio 1997).

I materiali risultanti positivi o vengono inertizzati prima dell'uso (per lavaggio o per rivestimento con calce) o devono essere inviati a discarica autorizzata.

Ai fini del massimo reimpiego nelle miscele a caldo di conglomerati bituminosi fresati, si danno qui di seguito le indicazioni necessarie al corretto utilizzo.

Per gli strati di base basebinder e binder si possono usare fresati di qualsiasi provenienza, mentre per le miscele da impiegare negli strati di usura va usato solo fresato proveniente da strati di usura aperte o chiuse purché le caratteristiche dell'aggregato grosso siano conformi a quelle previste per gli aggregati di primo impiego.

Tutto il fresato prima dell'impiego va "vagliato" al 30 mm, per gli strati di base e basebinder, e al 20 mm per gli strati di binder e usura; ciò al fine di evitare di comprendere elementi grossolani e per ridurre la "variabilità" della miscela.

L'impiego dei fresati comporta l'impiego di rigeneranti (0,2 – 0,5% in peso sul bitume totale) per il vecchio bitume; tali rigeneranti devono essere approvati come indicato all'art 7.3 e vanno impiegati in particolari zone (es. zone ad elevato traffico) e sempre su indicazione della DL.

In caso di impiego di fresato le percentuali minime di bitume totale salgono di 0,2% per tutte le miscele (vedi punti 8.1.7e 8.1.8) considerando nella miscela totale anche il bitume contenuto nel fresato.

Il controllo della percentuale di fresato da parte della DL potrà essere effettuato direttamente in impianto.

Ai fini del reimpiego (in base alla disponibilità e alla tipologia dell'impianto) e possibile impiegare le seguenti percentuali di fresato:

% di impiego di fresato				
Conglomerato	Usura A e B	Binder	Basebinder	Base
% di fresato	≤15	≤20	≤20	≤25
% di rigenerante sul bitume	0,2	0,2	0,3	0,3
	0,4	0,4	0,5	0,5

L'Impresa che si avvale di impianti di produzione moderni per la gestione di elevati quantità di fresato, può proporre alla Direzione Lavori l'impiego di una maggiore quantità di fresato (fino al 40% per strati di base, fino al 35% per strati di collegamento e fino al 25% per strati di usura chiusa, escluso il drenante) a condizione che venga utilizzato un legante bituminoso con un contenuto di polimeri elastomerici (SBS) più elevato rispetto al bitume modificato hard, tale da compensare la mancanza o la carenza di polimeri SBS nel bitume apportato dal conglomerato bituminoso di recupero.

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) ed il tipo di bitume modificato che si intendono impiegare devono essere obbligatoriamente dichiarati nello studio della miscela (mix design) - contenente un accertamento delle prestazioni/caratteristiche meccaniche che devono risultare del tutto simili a quelle del conglomerato bituminoso senza fresato - che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, ha facoltà di accettare o meno la proposta.

8.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO PER STRATI DI USURA DRENANTE E DRENANTE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA

- **D.01.036** "Strato di usura drenante"

Il conglomerato bituminoso per usura drenante è costituito da una miscela di pietrischetti frantumati, possibilmente di origine effusiva, sabbie ed eventuale additivo impastato a caldo con bitume modificato.

Queste miscele possono essere previste per tutte le tipologie di lavorazione, **Manutenzione Ordinaria (MO)** **Manutenzione Straordinaria (MS)** e **Nuove Costruzioni (NC)**.

Dovranno essere impiegate prevalentemente con le seguenti finalità:

- favorire l'aderenza in caso di pioggia eliminando il velo d'acqua superficiale soprattutto nelle zone con ridotta pendenza di smaltimento (zone di transizione rettifilo-clotoide, rettifilo-curva).

- abbattimento del rumore di rotolamento (elevata fonoassorbenza)

Gli aggregati dovranno essere stoccati in appositi siti, ben separati fra le varie pezzature e in zone prive di ristagni d'acqua o di terreni argillosi.

I leganti bituminosi devono essere stoccati in idonee cisterne con controllo delle temperature.

Ai fini del loro impiego i conglomerati bituminosi dovranno avere marcatura CE relativamente alle grandezze indicate in premessa.

8.2.1 AGGREGATI LAPIDEI

Gli aggregati devono essere costituiti da aggregati naturali (preferibilmente di natura basaltica) o in percentuali ridotte da aggregati artificiali (argilla espansa, scorie di acciaieria ecc.), in questo caso sarà la DL a decidere, caso per caso, l'idoneità dei materiali e le percentuali di impiego.

E' facoltà di Anas Spa accettare l'impiego di aggregati "alluvionali", cioè provenienti da frantumazione di rocce tondeggianti, in questo caso, fermo restando tutti gli altri requisiti, la percentuale (totale) di impiego di questi ultimi non deve essere superiore al 40%.

Gli aggregati alluvionali dovranno provenire dalla frantumazione di elementi sufficientemente grandi da essere formati da elementi completamente frantumati (privi di facce tonde) in percentuale (in peso) $\geq 80\%$; la restante parte non dovrà essere mai completamente tonda.

Ai fini dell'impiego è obbligatoria l'attestazione di conformità (CE) da parte del produttore con i seguenti requisiti:

- resistenza alla levigabilità PSV (Polished Stone Value) maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8);
- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2) non superiore al 18% in peso;
- resistenza al gelo e disgelo (UNI EN 1367-1) ≤ 1 ;
- coefficiente di appiattimento inferiore o uguale al 15% (UNI EN 933-3);
- percentuale di superfici frantumate (UNI EN 933-5) uguale a 80%.

Per gli aggregati fini in particolare;

- l'equivalente in sabbia, di una eventuale miscela delle sabbie da frantumazione, determinato secondo la prova (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore a 75;
- passante al setaccio 0,063 (UNI EN 933-1) < 18 .

Gli additivi dovranno rispettare i seguenti requisiti;

- passante al setaccio 2 mm (UNI EN 933-10) uguale al 100%;
- passante al setaccio 0,125 (UNI EN 933-10) compreso tra 85 e 100%;
- passante al setaccio 0,063 (UNI EN 933-10) compreso tra 70 e 100%;
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-12) N.P.;
- palla e anello (filler/bitume=1,5) (UNI EN 13179-1) $\Delta_{R\&B} > 5\%$.

L'impiego di fibre per il rinforzo strutturale delle miscele avverrà con quantità comprese tra 0,05 e 0,5% (art.7.5) in peso sugli aggregati a seconda del tipo di fibra impiegata e comunque secondo le quantità e le modalità indicate sulla base di specifiche prove eseguite dai Laboratori accreditati, oppure su quelle preventivamente eseguite dal CSS.

8.2.2 MISCELA

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica compresa nei seguenti fusi:

	USURA DRENANTE (sp. 4-6 cm)	DRENANTE CON ARGILLA ESPANSA (sp. 3-4 cm)
setacci UNI	passante totale % in peso	passante totale % in peso
Setaccio 20	100	
Setaccio 14	90-100	100
Setaccio 12,5	-	94-100
Setaccio 10	-	75-85
Setaccio 8	12-35	-
Setaccio 6,3	-	20-32
Setaccio 4	7-18	8-14
Setaccio 2	6-12	6-12
Setaccio 0,5	5-11	5-11
Setaccio 0,25	5-10	5-10
Setaccio 0,063	4-8	4-8

Bitume, riferito alla miscela, 4,8%-5,8% per usura drenante (UNI EN 12697-1 e 39) e 5,3%-6,3% per usura drenante con argilla espansa

Per la realizzazione del drenante alleggerito con argilla espansa valgono le seguenti indicazioni:

- L'argilla espansa dovrà essere di tipo strutturale con pezzatura 6/14
- Resistenza dei granuli allo schiacciamento ≥ 43 daN/cm²
- L'argilla dovrà essere impiegata in percentuali in peso comprese tra 10 e 12 %

Ai fini della lavorazione l'argilla espansa dovrà essere stoccata in cantiere in idonei siti per evitare che venga a contatto con pioggia o acqua in generale.

L'impiego dell'argilla espansa è possibile in aree dove il costo degli aggregati naturali delle dovute caratteristiche risulta elevato per ragioni di reperibilità; inoltre aumenta le performance di durata in relazione alla lucidatura.

Entrambi i fusi favoriscono una elevata fonoassorbenza.

La DL al fine di verificare l'elevata fonoassorbenza, si riserva la facoltà di controllare mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso sempre effettuato dopo il 15° giorno della stesa del conglomerato. In questo caso con una incidenza radente di 30° i valori di α dovranno essere:

frequenza (Hz)	coeff. fonoassorbimento
400 / 630	$\alpha > 0.25$
800 / 1250	$\alpha > 0,50$
1600 / 2500	$\alpha > 0,25$

8.2.3 REQUISITI DI ACCETTAZIONE

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della % dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	Usura drenante	Drenante alleggerita	% vuoti
N1	10	10	≥ 28
N2	50	50	≥ 22
N3	130	130	≥ 20

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) dovranno essere testate a trazione diametrale a 25°C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione indiretta) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

	Usura drenante	Drenante alleggerito
Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,36 – 0,70	0,34 – 0,68
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 30	≥ 25

8.2.4 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

Il conglomerato 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 comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto. La DL potrà approvare l'impiego di impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la 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 mescolazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

8.2.5 POSA IN OPERA DELLE MISCELE

Valgono le stesse prescrizioni indicate per i conglomerati tradizionali (art. 8.1.8.6ad eccezione della temperatura di costipamento che dovrà essere compresa tra i 150°C e 180°C per le miscele ottenute con legante bituminoso con modifica tipo hard. La compattazione dovrà essere effettuata con rulli metallici del peso di 8÷12 tonnellate.

Il rullo deve seguire da vicino la finitrice e la compattazione deve essere condotta a termine in continuo senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgrature.

Il trasporto impianto-cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

Al termine dello scarico del materiale nella finitrice i mezzi di trasporto del conglomerato è vietato scaricare nel cavo eventuali residui di conglomerato rimasti sul camion.

Il piano di posa dovrà risultare perfettamente pulito e privo della segnaletica orizzontale prima di provvedere alla stesa di una uniforme mano di attacco con bitume modificato HD (7.1.2 tabella 7.B), nella quantità compresa tra 1,0 e 1,5 kg/m² (secondo le indicazioni della DL) e, se necessario, il successivo eventuale spargimento di uno strato di filler ; potrà essere anche richiesta la preventiva stesa di un tappeto sottile di risagomatura ed impermeabilizzazione del supporto, per consentire il

perfetto smaltimento delle acque. La DL indicherà di volta in volta la composizione di queste miscele fini. Dovrà altresì essere curato lo smaltimento laterale delle acque che percolano all'interno dell'usura drenante.

La stesa del conglomerato deve essere sospesa in caso le condizioni meteorologiche possano pregiudicare la riuscita del lavoro e comunque sempre in caso di pioggia o temperatura esterna <10 °C o in condizioni di piano di posa umido.

La capacità drenante dovrà essere misurata mediante permeabilmetro a colonna. Le prove sono da effettuarsi preferibilmente durante la fase di lavorazione (ad almeno 4 ore dalla fine della posa in opera, non appena il conglomerato si è freddato).

Le misure (singole) vanno fatte ad almeno 50 cm dai bordi con frequenza di almeno 10 misure per km per ciascuna corsia.

	Usura drenante	Drenante alleggerito
Capacità drenante lt/min	≥ 18	≥ 15

Ai fini della valutazione della aderenza, nel caso l'intervento interessi tratte brevi o con particolari caratteristiche geometriche tali da non poter effettuare misure con mezzi ad alto rendimento, la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° giorno di apertura al traffico che dovrà risultare:

	Usura drenante	Drenante alleggerito
PTV	≥ 55	≥ 60

8.3 CONTROLLO SULLA QUALITA' DELLA COMPATTAZIONE DELLE MISCELE

Per ogni lavorazione descritta nelle presenti Norme Tecniche sono indicati i mezzi più adatti per eseguire un buon costipamento.

A riprova della presenza e del buon uso dei sistemi di compattazione dei diversi strati presenti in opera la percentuale dei vuoti (rilevabile da carotaggi) dovrà risultare nei limiti della tabella seguente:

Lavorazioni	% dei vuoti (Vm : UNI EN 12697-8)	
	min.	max.
Base	3	9
Basebinder	3	9
Binder	3	8
Usure A e B	3	8
SMA	2	7
Drenante	16	27
Drenante con argilla espansa	15	26

Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione.

8.4 REQUISITI DI LABORATORIO SOTTOPOSTI A DETRAZIONE

Le caratteristiche tecniche rilevate da misure di laboratorio dei conglomerati bituminosi eseguiti a caldo oggetto di detrazioni riguardano la percentuale e la qualità del bitume e lo spessore del conglomerato bituminoso in opera.

- *Qualità e percentuale di bitume*

Ai fini dell'applicazione della detrazioni penale dovranno essere rispettate le caratteristiche richieste nella prova di cui all'art. 7.1 tabelle 7.A e 7.B relativamente alla Penetrazione, Palla e Anello e Viscosità a 160°C sul bitume prelevato in impianto, con una tolleranza del 10% sui range (ad es. se la penetrazione prevista è 50-70 dmm le soglie per la penale sono $50-0,1 \cdot 50 = 45 \text{dmm}$ e $70+0,1 \cdot 70 = 77 \text{dmm}$).

Sempre ai fini della applicazione della penale dovrà essere rispettata la conformità della percentuale di legante rilevato mediante estrazione rispetto a quella approvata (di progetto) contenuta negli studi di formulazione della miscela in esame.

Rispetto al contenuto di bitume di progetto (che dovrà essere sempre contenuto nei range delle percentuali del bitume di cui agli art. 8.1.7 e 8.2.) ai fini dell'applicazione della penale è ammessa una tolleranza (T) di $\pm 0,3$ della percentuale di bitume.

La percentuale di bitume dovrà essere sempre riferita in peso rispetto alla miscela e potrà essere misurata su carotaggi eseguiti sulla pavimentazione o da conglomerato sciolto prelevati in fase di stesa e sarà eseguita secondo UNI EN 12697-1 o 39.

La DL potrà applicare la penale anche nel caso una sola delle quattro grandezze di cui sopra risulti fuori dalle tolleranze descritte.

Calcolo della penale per difetto della quantità di bitume

$$\% \text{ detrazione} = 10 B + 25 B^2$$

con B = valore assoluto (% bitume misurata - % bitume di progetto) – T

con $T = 0,3$

In assenza dello studio della miscela, si farà riferimento al valore medio dell'intervallo di accettazione

Calcolo della penale per difetto della qualità di bitume

Qualora una o più delle grandezze di cui sopra non risulti nei range descritti verrà detratta del 15% una quantità standard CM di conglomerato bituminoso ad un prezzo PS, calcolata secondo il seguente metodo:

$$CM \text{ (metri cubi)} = Q / (2,3 \times 0,045)$$

$$D \text{ (euro)} = 0,15 \times CM \times PS$$

CM= Quantità di conglomerato bituminoso (in metri cubi) realizzato con la fornitura di Q tonnellate di bitume

Q = Quantità in tonnellate della fornitura di bitume a cui il prelievo si riferisce, nel caso in cui non si riesca a risalire alla quantità Q di bitume si considererà Q = 20 tonnellate.

PS = prezzo in €/m³ di aggiudicazione dei lavori del conglomerato realizzato con il bitume in oggetto

D = valore da detrarre in euro (€)

Nel caso lo stesso bitume sia utilizzato per più tipologie di conglomerato si utilizzerà il conglomerato con il prezzo più alto.

- *Spessori degli strati della pavimentazione (mediante carotaggi)*

La valutazione della conformità degli spessori realizzati a quelli di progetto è eseguita mediante carotaggi.

La misura di spessore con carotaggi, valutato attraverso la Norma UNI EN 12697-36, sarà basata su carote di diametro compreso tra 100 e 200 mm (le cui frequenze di campionamento sono indicate all'art. 11.1). Per ciascuna carota sarà determinato lo spessore medio SM (quattro misure su diametri ortogonali) da confrontare con lo spessore di progetto.

Sarà applicata la detrazione per spessori in difetto con le seguenti tolleranze (T):

strato di usura (A e B), Usura drenante e usura drenante con argilla espansa 5%

strato di binder 7%

strati di base e basebinder 10%

La detrazione sarà calcolata nel seguente modo:

$$DP_{(\%)} = 100 * \frac{(SP - SM)}{SP}$$

$$D_{(euro)} = \frac{(DP - T)}{100} * 3 * PR * A$$

dove:

DP = differenza percentuale tra lo spessore di progetto del singolo strato e quello rilevato

SP = spessore di progetto del singolo strato (mm)

SM = spessore medio del singolo strato misurato sulla carota (mm)

T = tolleranza in %

PR = prezzo (€/m²)

A = area di influenza della carota in m²

D = valore da detrarre in euro (€)

La superficie di detrazione A sarà calcolata moltiplicando l'area di influenza della carota (interasse delle carote) per la larghezza dell'intervento.

Nel caso di scostamenti per difetto degli spessori degli strati rispetto a quelli di progetto superiori al 25% si deve ordinare la rimozione e il rifacimento dello strato a totale carico dell'Impresa. Non trova applicazione la tolleranza.

L'applicazione delle clausole di questo articolo non esclude quelle previste in altri articoli.

9 STRATO DI BASE RICICLATO A FREDDO

- **D.01.010** "Strato di base realizzato in impianto o in sito mediante l'impiego di fresato riciclato mediante impiego di emulsione bituminosa modificata e cemento"

Il riciclaggio a freddo mediante emulsione modificata delle pavimentazioni in conglomerato bituminoso viene realizzato reimpiegando materiali fresati da pavimentazioni stradali, opportunamente selezionati, legati nuovamente con emulsione, stesi e compattati.

La tecnologia viene impiegata per riciclare pacchetti di conglomerato bituminoso ammalorati in sito o già stoccati in cantiere (fresati).

La tecnologia del riciclaggio con emulsione prevede diverse modalità operative:

- in sito mediante treno di riciclaggio mobile o tramite idonee riciclatrici
- in impianto fisso o tramite impianti semoventi (su rimorchi) che hanno la possibilità di essere collocati in aree vicino al sito di stesa

Lo spessore del singolo strato (compattato) potrà variare da 14 a 20 cm.

9.1 AGGREGATI LAPIDEI

La tecnologia del riciclaggio con emulsione permette di riciclare fresati di pavimentazioni ammalorate per la formazione di strati di base e basebinder, miscelando con emulsione bituminosa modificata, cemento e acqua il fresato (in sito o in impianto idoneo) stendendo (con finitrice) e compatando il pacchetto risultante.

Per la realizzazione della miscela ai fini del raggiungimento delle necessarie caratteristiche tecniche (granulometria, resistenza, portanza) è consentita l'integrazione con aggregati frantumati di cava (frantumazione 100%) nella percentuale massima del 25%.

9.2 LEGANTE E ADDITIVI

Per legante si dovrà impiegare emulsione bituminosa modificata (con SBS e/o lattice) sovrastabilizzata secondo le caratteristiche indicate all'art. 7.2.5, in percentuali comprese tra 3,5 e 4,5% in peso sugli aggregati;

In aggiunta all'emulsione dovrà essere impiegato cemento in percentuali tra 1,1 e 2,0% in peso sugli aggregati

L'acqua di aggiunta dovrà essere pura priva di sostanze organiche.

La miscela di materiale da riciclare ed eventuali aggregati freschi sarà tale da avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso prescritto

Granulometria materiale post estrazione

Apertura Setacci (mm)	Fuso	
31,5	100	100
20	68	92
14	50	75
8	36	60
4	25	48

2	18	38
0,25	8	20
0,125	5	14
0,063	4	9

La granulometria del conglomerato bituminoso di recupero (fresato) deve essere eseguita per via umida sul materiale prelevato all'impianto, dopo granulazione e vagliatura, oppure dopo un passaggio di pulvimixer (senza l'aggiunta dei leganti), quando sia prevista la miscelazione in sito.

9.3 STUDIO DELLA MISCELA

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante **pressa giratoria** con i seguenti parametri di prova:

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

Per le resistenze si dovranno realizzare provini con pressa giratoria con n° giri 180 con le seguenti caratteristiche.

	3 gg	Dimensioni provini
Rt 25°C (GPa x 10 ⁻³)	0,32-0,55	Diametro 150mm – altezza 100-130 mm
Compressione semplice 25 °C (GPa x 10 ⁻³)	1,2 – 2,5	Diametro 150mm – altezza 160-200 mm

I provini vanno maturati a 40 °C per 72 ore e termostati a 25 °C per 4 ore prima del test di rottura.

I parametri sopra descritti potranno essere ricercati mediante l'effettuazione di uno studio finalizzato alla determinazione delle percentuali ottimali dei leganti (cemento ed emulsione) e dell'acqua di compattazione oltreché allo stabilire l'eventuale aggiunta di aggregati di integrazione come di seguito descritto a titolo di esempio:

emulsione (%)	3,5			4,0			4,5			Le percentuali sono da intendersi in peso sulla miscela
cemento (%)	1,0			1,5			2			
Acqua di compattaz. (%) (°)	4	5	6	4	5	6	4	5	6	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

I sei provini (per ciascun punto dello studio) andranno maturati e rotti tre a compressione e tre a trazione indiretta

9.4 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE

L'Impresa ha l'obbligo di fare eseguire prove sperimentali sui campioni di fresato, di legante e di emulsione per la relativa accettazione.

L'Impresa è poi tenuta a provvedere con congruo anticipo, rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, a fornire la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio, attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali.

Una volta accettata dalla DL la composizione granulometrica della curva di progetto proposta, l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente comprovandone l'osservanza con esami giornalieri.

Per la percentuale di bitume totale (vecchio più quello proveniente da emulsione) non sarà tollerato uno scostamento da quella di progetto di $\pm 0,8\%$.

Tali valori dovranno essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate all'impianto come pure dall'esame delle carote prelevate in sito tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Dovranno essere effettuati con frequenza ritenuta idonea dalla DL:

- la verifica dell'emulsione da impiegare
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume) prelevando il conglomerato all'uscita dell'impianto, mobile o fisso ;
- la verifica delle caratteristiche del conglomerato finito (peso di volume e percentuale di vuoti ecc.);
- la verifica delle resistenze diametrali .

Inoltre con la frequenza necessaria saranno effettuati periodici controlli sull'impianto ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

I valori di portanza verranno misurati mediante LWD (Light Weight Deflectometer) secondo quanto previsto all'art 1.4e dovranno avere valori:

Maturazione	Modulo elastico (Mpa)
4 ore	> 60
24 ore	200-600

9.5 FORMAZIONE E CONFEZIONE DELLE MISCELE

La buona compattazione della miscela andrà verificata tramite la misura della portanza LWD a 4 ore e 24 ore e attraverso l' I_{S300} (Indice Strutturale) tramite il TSD o il FWD. Le verifiche potranno essere fatte anche in corso d'opera con possibilità di richiesta da parte della DL di variazione del sistema di compattazione.

Un valore della percentuale dei vuoti rilevabile dai carotaggi dovrà attestarsi sui valori del 9% fermo restando la non applicabilità di eventuali penali correlate alla percentuale dei vuoti. Resta valida l'applicazione della penale prevista all'art. 11.5 bis per la non conformità del parametro Rt.

Il fresato deve essere vagliato (o granulato) al fine di evitare la permanenza di crostoni e materiale con dimensioni > 40 mm.

9.6 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

Dopo la miscelazione in impianto, la stesa dovrà essere realizzata con idonea macchina vibro-finitrice.

Nel caso di miscelazione in sito con pulvimixer, prima dello spianamento con la livellatrice, la miscela deve essere omogeneamente addensata mediante uno o due passaggi di rullo monotamburo vibrante. In entrambi i casi la compattazione dovrà essere effettuata con rullo monotamburo vibrante di almeno 19 tonnellate accoppiato ad un rullo gommato di almeno 24 tonnellate.

Per la stesa dello strato superiore si dovrà attendere il giorno successivo (o almeno 6-8 ore nel caso di esigenze operative improrogabili).

In particolare sono altresì a carico dell'Impresa i seguenti oneri per:

- gli studi delle miscele e della proposta di formulazione del materiale da riciclare che dovranno essere presentati alla Committente con congruo anticipo e approvati dalla DL prima dell'inizio delle lavorazioni;
- l'esecuzione, in corso d'opera mediante idoneo laboratorio mobile di prelievi giornalieri allo scopo di determinare le caratteristiche del materiale riciclato;
- l'eliminazione delle eventuali eccedenze di materiale;
- i materiali di risulta delle demolizioni parziali o totali delle sovrastrutture o altro ritenuti idonei dalla Direzione dei Lavori dovranno essere reimpiegati per la confezione di nuovi conglomerati bituminosi nelle percentuali, modalità e norme definite dalla Società Appaltante.

L'Impresa dovrà a sue spese provvedere al trasporto nei piazzali dei cantieri di confezione dove questi materiali dovranno essere stoccati in idonee aree opportunamente predisposte secondo le direttive della Direzione dei Lavori.

I materiali di risulta che non saranno reimpiegati rimangono di proprietà dell'Impresa che provvederà a sua cura e spese al trasporto a discarica.

10 TRATTAMENTI SUPERFICIALI

10.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO PER RISAGOMATURE PER PAVIMENTAZIONI

- **D.01.008** "Conglomerato bituminoso per risagomature di pavimentazione"

10.1.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI

In corrispondenza di fenomeni deformativi particolarmente evidenti, andrà prevista prima della realizzazione del nuovo tappeto di usura, la stesa di un microtappeto in conglomerato bituminoso a caldo, avente la funzione di risagomare il piano viabile deformato.

Le caratteristiche ed i requisiti di accettazione degli aggregati e dei leganti costituenti la miscela, come pure le prescrizioni per la formazione, la confezione e la posa in opera delle miscele, saranno in tutto conformi a quanto già specificato all'art. 8.1 per i conglomerati bituminosi per strati di usura, fatte salve le seguenti modifiche:

Composizione granulometrica: individuabile con una curva continua contenuta orientativamente entro i limiti del seguente fuso:

setacci UNI-EN	passante totale in peso %
setaccio 8	100
setaccio 4	70-90
setaccio 2	38-58
setaccio 0,5	15-32
setaccio 0,25	8-20
setaccio 0,063	5-10

10.1.2 POSA IN OPERA

La posa in opera dovrà essere eseguita a regola d'arte, con vibrofinitrici in grado di realizzare uno strato finito perfettamente sagomato, senza ondulazioni, omogeneo, liscio, privo di sgranamenti, fessurazioni o aree di segregazione.

La stesa non deve presentare aree (chiazze) di bitume o di malta bituminosa (bitume e parti fini) dovute a problemi di collaggio o segregazione nella miscela.

Per garantire la continuità tra gli strati, sul piano di posa, che deve essere asciutto, va stesa sempre una mano di attacco in quantità compresa tra 0,6 e 1,2 kg/m² di bitume o emulsione ambedue preferibilmente modificati.

I giunti trasversali e longitudinali devono presentarsi privi di fessurazioni o elementi litoidi frantumati, con le strisciate adiacenti perfettamente complanari.

In caso di stesa di due strisciate affiancate, per evitare di avere il "giunto freddo" è preferibile, se non è possibile l'impiego di due finitrici, un spaziatura temporale ridotta al minimo. La mano di attacco deve andare ad interessare (se le due strisciate sono distanti temporalmente) anche il bordo della prima strisciata.

Il conglomerato bituminoso deve essere prodotto in impianto a temperature tra 145 °C e 180 °C; deve essere steso a temperatura ≥ 140 °C (misurata dietro finitrice).

La compattazione deve avvenire mediante rulli metallici con peso compreso tra 6 e 10 t; il rullo deve seguire da vicino la finitrice e condurre la compattazione a termine in continuo, senza interruzioni.

Vanno immediatamente rimosse e rifatte zone che presentino anomalie di stesa, segregazioni, sgrature. Il trasporto tra l'impianto ed il cantiere di stesa deve avvenire con mezzi idonei che evitino la formazione di crostoni o eccessivi raffreddamenti superficiali.

10.1.3 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI (VOLUMETRICHE E MECCANICHE)

Le miscele devono avere massime caratteristiche di resistenza a fatica, all'ormaiamento, ai fattori climatici e in generale ad azioni esterne.

Le miscele devono essere verificate mediante pressa giratoria con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale kPa	600 \pm 3
Angolo di rotazione	1,25 \pm 0,02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	100

10.1.3.1 DATI VOLUMETRICI

I provini dovranno essere compattati mediante giratoria ad un numero di giri totali (N3) dipendente dalla tipologia della miscela e dalla tipologia del legante.

La verifica della percentuale dei vuoti dovrà essere fatta a tre livelli di n° giri: N1 (iniziale), N2 (medio) e N3 (finale).

Il numero dei giri di riferimento con le relative percentuali dei vuoti sono:

	N° giri	% vuoti (Vm UNI EN 12697-8)
N1	10	11-15
N2	100	3-6
N3	190	≥ 2

10.1.3.2 DATI MECCANICI

Le miscele risultanti dallo studio/verifica mediante giratoria (compattate a N3) devono essere testate a trazione diametrale a 25 °C.

I due parametri di riferimento sono Rt (resistenza a trazione) e CTI (coefficiente di trazione indiretta):

Rt (GPa x 10 ⁻³)	0,70 – 1,50
CTI (GPa x 10 ⁻³)	≥ 65

Lo spessore finito risulterà essere mediamente dell'ordine del centimetro e sarà comunque il minimo compatibile in ordine alle caratteristiche granulometriche della miscela ed all'entità delle deformazioni da risagomare.

10.2 TRATTAMENTI DI IRRUVIDIMENTO CON SISTEMI MECCANICI

- **D.01.058** "Irruvidimento per migliorare l'aderenza mediante sistemi meccanici"

10.2.1 IRRUVIDIMENTO PER MIGLIORARE L'ADERENZA

L'irruvidimento della superficie della pavimentazione comunque eseguita dovrà lasciare un piano il più possibile uniforme e regolare in tutte le direzioni privo di solchi longitudinali e sgranature, in particolare ai bordi delle singole strisciate dovranno essere evitati gradini od affossamenti.

Le attrezzature impiegate dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti con caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla DL.

L'irruvidimento dovrà interessare prevalentemente solo la corsia di marcia lenta per una larghezza di 4 metri a partire dal bordo destro della riga tratteggiata bianca; per particolari situazioni stradali in essere (a discrezione della DL) tale larghezza potrà essere variata per eccesso o per difetto.

10.2.1.1 IRRUVIDIMENTO MEDIANTE PALLINATURA

Le superfici con ridotto CAT possono essere riportate a valori superiori con irruvidimenti a secco denominate "pallinatrici", le quali non lasciano le superfici trattate con striature orientate in senso longitudinale o trasversale tali da non incrementare il rumore di rotolamento e non creare l'effetto rotaia.

I pallini proiettati dalla macchina vanno recuperati per aspirazione e reimpiegati previa eliminazione e stoccaggio delle particelle distaccate dai manti stradali, in modo da ottenere il massimo incremento possibile del CAT; tale incremento è in relazione al tipo di miscele presenti nel punto trattato e comunque dovrà essere superiore di almeno 5 punti CAT rispetto al valore preesistente; le misure andranno eseguite entro sessanta giorni dalla lavorazione.

La fase di pallinatura dovrà essere applicata in modo omogeneo e non dovrà produrre sulla superficie del manto aree di sgranatura.

10.2.2 IRRUVIDIMENTO PER VARIARE LA RUMOROSITÀ

Qualora lo scopo del trattamento fosse quello di generare una variazione del rumore di rotolamento rispetto a quello della normale pavimentazione per richiamare l'attenzione del conducente, su segnaletiche speciali o su punti singolari del tracciato, la superficie della pavimentazione dovrà essere fresata in modo da ottenere dei solchi discontinui (tratteggio) della profondità di 0,5-1 cm; ciò si otterrà con idonea attrezzatura munita di fresa a tamburo funzionante a freddo con tutti i denti della stessa lunghezza, operando con l'attrezzatura alla massima velocità di spostamento longitudinale e con la minima velocità di rotazione del tamburo cilindrico.

In questo tipo di irruvidimento l'intervento dovrà in generale interessare l'intera carreggiata.

La sua validità sarà ritenuta soddisfacente se la variazione di rumore di rotolamento all'interno di una autovettura media, sarà chiaramente avvertibile a velocità di 80 km/h o maggiori.

10.3 MICROTAPPETI A FREDDO TIPO "SLURRY - SEAL" (MACRO-SEAL)

- **D.01.048** "Microtappeto a freddo tipo macro-seal (0,6 - 0,7 cm)"

10.3.1 DESCRIZIONE

Il microtappeto tipo "slurry-seal" (macro-seal) è costituito dall'applicazione di un sottile strato di malta bituminosa impermeabile irruvidita.

L'impiego dello slurry-seal 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 dello slurry-seal (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 aggregati basaltici selezionati, impastati a freddo con una emulsione bituminosa modificata (C60BP10) (vedi art. 7.2.5).

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.

10.3.2 AGGREGATI LAPIDEI

Gli aggregati lapidei, 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 aggregati 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 levigabilità PSV (Polish Stone Value) determinata su tali pezzature dovrà essere maggiore o uguale a 46 (UNI EN 1097-8).

In caso di impiego di altri materiali (scorie, loppe, cromiti ecc) la DL 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).

10.3.3 ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalle sabbie descritte al punto 10.3.2 potranno essere integrati con filler di apporto (normalmente cemento Portland 325); gli additivi impiegati dovranno soddisfare i requisiti richiesti al precedente punto 8.1.6.

10.3.4 MISCELE

La miscela dovrà avere una composizione granulometrica compresa nel fuso di seguito indicato:

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 DL.

10.3.5 MALTA BITUMINOSA

Il legante bituminoso sarà costituito da una emulsione bituminosa modificata al 60% di bitume residuo (C60BP10) con elastomeri sintetici incorporati in fase continua (acqua) prima dell'emulsione, opportunamente formulata per l'impiego.

Per la realizzazione dell'emulsione si dovrà esclusivamente impiegare bitume di tipo 80-100. L'impiego di altri tipi di bitumi potrà essere autorizzato esclusivamente dalla DL.

I requisiti richiesti dal bitume elastomerizzato (residuo della distillazione) dovranno essere i seguenti:

Penetrazione a 25°C dmm	50/70	Normativa UNI EN 1426
Punto di rammollimento °C	> 60	Normativa UNI EN 1427
Punto di rottura Fraas °C	< -13	Normativa UNI EN 12593

Dovranno essere impiegati additivi (es. dopes) complessi ed anche, se necessario cemento, per facilitare l'adesione tra il legante bituminoso e gli aggregati lapidei, 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.

10.3.6 COMPOSIZIONE E DOSAGGI DELLA MISCELA

La malta bituminosa dovrà avere i seguenti requisiti:

Spessore minimo	mm	6
Dosaggio della malta	kg/ m ²	15-25
Dimensione max aggregati	mm	7-8
Contenuto di bitume elastomerizzato residuo, in peso sugli aggregati	%	6,0-9,0

10.3.7 ACQUA

L'acqua utilizzata nella preparazione della malta bituminosa a freddo dovrà essere dolce, limpida, non inquinata da materie organiche.

10.3.8 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 aggregati 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 DL, dovrà procedersi ad una omogenea umidificazione della superficie stradale prima dell'inizio delle operazioni di stesa.

In particolari situazioni la DL 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 m² 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 macrotestitura ($HS > 0,5$).

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.

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.

11 CONTROLLO REQUISITI DI ACCETTAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI

11.1 PREMESSE

I controlli per i requisiti di accettazione delle pavimentazioni, e la valutazione delle eventuali detrazioni o penalizzazioni da applicare, sono basati su controlli sempre di tipo prescrittivo per i lavori di tipo **MO**.

I controlli per i requisiti di accettazione delle pavimentazioni, e la valutazione delle eventuali detrazioni o penalizzazioni da applicare, sono basati su controlli sia di tipo prescrittivo che di tipo prestazionale per i lavori di tipo **MS** e **NC**, salvo quanto indicato nella premessa.

A discrezione della DL, anche nel caso di lavori tipo **MO**, potranno essere richieste verifiche prestazionali sulle caratteristiche di aderenza, tessitura, e valutazioni degli spessori, da cui potranno scaturire, da parte della DL, detrazioni o penalizzazioni come previste nelle attività **MS** e **NC**.

I controlli dei requisiti di accettazione di tipo prescrittivo sono richiamati negli articoli precedenti che si riferiscono alle specifiche miscele e leganti da sottoporre al controllo.

Di seguito sono riportati, in tabella, i controlli che valutano le caratteristiche superficiali e strutturali delle pavimentazioni.

Tipo di lavorazione	% vuoti	Rt	LA	Anco-raggio	% bitume e qualità	Spessori	CAT20	HS	IRI	IS300
articolo	11.5 bis	11.5 bis	11.5 bis	11.5 ter	8.4	8.4 e 11.5	11.2	11.2	11.3	11.4
RSS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI SE ESTESI ≥ 500 m	SI SE ESTESI ≥ 500 m	NO	NO
TS	SI	SI	SI	SI	SI SE ESTESI ≥ 500 m	NO	SI	SI	NO	NO
RS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
RP	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
NC	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Il campionamento dei materiali soggetti ai controlli di tipo prestazionale di cui sopra, dovrà essere effettuato indicativamente con la seguente frequenza:

- Per il bitume
 - n. 1 prelievo ogni 500 m³ di lavorazione di conglomerato per ciascuno strato di pavimentazione
 - n. 1 prelievo a lavorazione per strato per piccole stese (< 500mt)

Il quantitativo da prelevare, normalmente in recipienti metallici a chiusura ermetica, dovrà essere di almeno 1 Kg per i bitumi tal quali e 2 kg per i bitumi modificati al fine di poter

valutare tutte le prove principali di caratterizzazione (che risultano più numerose per i bitumi modificati).

- Per il conglomerato bituminoso sciolto:
 - almeno n.1 prelievo ogni 400 tonnellate per base e basebinder e ogni 200 tonnellate per binder e usura
 - per piccole stese (< 300mt) almeno n. 1 prelievo a lavorazione per ciascun strato

La quantità indicata pari a 25 Kg è sufficiente per l'esecuzione delle prove standard di laboratorio.

- Per il conglomerato bituminoso in carote:
 - almeno n. 3 coppie/km*corsia

La distanza tra le carote costituenti la coppia deve essere al massimo di 50 cm nella stessa strisciata di lavorazione della vibrofinitrice. Il campione dovrà risultare indisturbato, integro, compatto e rappresentare lo spessore completo dello strato (o degli strati) da esaminare.

Qualora la DL ritenga necessario provvedere alla verifica e al controllo prestazionale di emulsione bituminosa, questa dovrà essere campionata secondo le seguenti indicazioni:

- almeno n°1 ogni 2000 mt di lavorazione per ciascun strato
- per piccole stese (<500mt) n°1 prelievo a lavorazione per strato

Il quantitativo da prelevare, normalmente in recipienti metallici a chiusura ermetica, dovrà essere di almeno 3 Kg.

11.2 ADERENZA E TESSITURA

I valori di ADERENZA E TESSITURA costituiscono il **dato prestazionale superficiale**, i valori da ottenere sono dipendenti da:

- i tipi di materiale usati per l'esecuzione dello strato superficiale;
- le condizioni planoaltimetriche del tracciato in ogni suo punto;
- il tipo di traffico prevalente e la sua intensità.

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale CAT verrà misurato con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES secondo la Norma CNR B.U. n° 147 del 14.12.92 ¹.

¹ La relazione tra il valore CAT qui prescritto (CAT_{anas}) e quello definito dalla Norma CNR (CAT_{CNR}) è la seguente:

$$CAT_{anas} = CAT_{CNR} \times 100$$

Il CAT dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento di 20°C e nei risultati si dovrà specificare la temperatura superficiale della pavimentazione e la temperatura dell'aria alla quale è stata eseguita la prova.

Il flusso dell'acqua deve essere costante e pari a 0,75 l/s, si ipotizza che la velocità di rilievo sia sempre costante e pari a 60 km/h.

La tessitura geometrica HS, intesa come macrotessitura superficiale, verrà misurata in termini di MPD ed espressa in mm con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES secondo la Norma UNI EN ISO 13473-1 di Agosto 2004; il valore di HS da confrontare con i limiti riportati in tabella risulterà:

$$HS = 0,2 + 0,8 \cdot MPD$$

Gli indicatori CAT, riportati alla temperatura di riferimento dell'aria di 20°C, e HS, dovranno essere superiori o uguali ai seguenti valori:

TIPOLOGIA LAVORAZIONE	CAT ₂₀	HS (mm)
Conglomerati bituminosi per strati di usura	58	0,4
Conglomerati bituminosi per strati di usura provvisoria (binder)	50	0,3
Conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa	62	0,4
Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo "A" e "B" a bassa levigabilità (elevata aderenza)	62	0,4
Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo SMA	62	0,6
Conglomerati bituminosi drenanti	53	1,0
Conglomerati bituminosi drenanti con argilla espansa	56	0,8
Trattamenti superficiali a freddo tipo slurry-seal (macro-seal) spessore 6 mm	62	0,5
Trattamenti superficiali a caldo (microtappeti)	55	0,3
Irradiazione meccanica di irruvidimento (pallinatura)	5 punti CAT in più rispetto al CAT preesistente	N.A.

Le misure di CAT e di HS dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti ad elevata rugosità superficiale, per i quali le misure dovranno essere effettuate tra il 60° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, mentre le irradiazioni meccaniche di irruvidimento (pallinatura) andranno valutate entro il 60° giorno dall'intervento.

Le misure di CAT e HS saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS²; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta per quanto possibile costante e pari a 60 ± 5 km/h.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere; le misure di CAT e HS dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

La valutazione delle caratteristiche superficiali (indici CAT, IRI e HS) dovrà essere eseguita a discrezione della DL su tutte le corsie coinvolte dai lavori o su una singola corsia (privilegiando la corsia di marcia) purché la miscela proposta, accettata e stesa, risulti la stessa.

Prima di detta analisi i valori di CAT dovranno essere riportati alla temperatura di riferimento (20°C); l'operazione si effettuerà secondo la seguente formule correttiva elaborata dal TRRL, non sono previste invece correzioni per l'HS:

$$CAT_{20} = \frac{CAT_t}{0,548 + \frac{44,69}{(t + 80)}}$$

dove CAT_{20} è il valore CAT riportato alla temperatura di riferimento 20°C

CAT_t è il valore CAT nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in °C

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi potrà essere condotta anche con il programma di calcolo fornito dal CSS.

I valori medi di CAT e HS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare maggiori o uguali alle prescrizioni riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato CAT ed HS sui due lati della corsia in esame è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di CAT ed HS relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori, detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

DETRAZIONI

Le detrazioni saranno applicate per i tratti omogenei quando i valori medi di CAT e/o HS del tratto omogeneo risultino più bassi dei valori prescritti; qualora i valori medi di CAT e HS risultino ambedue deficitari sarà applicata la penalità più gravosa.

² Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dello strato più superficiale (usura); detti punti corrisponderanno alla metà dei punti percentuali per cui il CAT o l'HS differisce in diminuzione rispetto ai valori limite prescritti (esemplificando, se la differenza è del 6% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 3%).

La detrazione riguarderà la larghezza dello strato più superficiale oggetto del lavoro per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata:

TIPOLOGIA LAVORAZIONE	CAT ₂₀	HS (mm)
Conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa - Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo "A" e "B" a bassa levigabilità (elevata aderenza) - Conglomerati bituminosi per strati di usura tipo SMA	48	N.A.
Tutte le altre lavorazioni	40	N.A.

Se i valori medi di CAT risultassero inferiori ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere, a completa cura e spese dell'Appaltatore, all'asportazione completa con fresa ed al rifacimento dello strato superficiale per tutta la larghezza dell'intervento; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere all'effettuazione di altri trattamenti di irruvidimento per portare il valore deficitario al di sopra della soglia di non accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni non si raggiungessero i valori prescritti, pur essendo i valori di CAT al di sopra dei valori inaccettabili e sempre che la lavorazione sia accettata da parte della DL, sarà applicata la detrazione prevista valutata con le stesse modalità sopra riportate.

Ai fini della valutazione della aderenza, esclusivamente nel caso in cui l'intervento interessi tratte brevi o con particolari caratteristiche geometriche tali da non poter effettuare misure con mezzi ad alto rendimento, la valutazione potrà essere effettuata mediante misura di attrito radente PTV con Skid Tester (UNI EN 13036-4) misurato tra il 60° e il 180° giorno di apertura al traffico.

Il valore PTV dovrà risultare:

- per conglomerati bituminosi per strati di usura con argilla espansa - conglomerati bituminosi per strati di usura tipo "A" e "B" a bassa levigabilità (elevata aderenza) - conglomerati bituminosi per strati di usura tipo SMA ≥ 65 .

Per valori di PTV <65 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori del PTV <50 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

- Per tutte le altre lavorazioni ≥ 60

Per valori di PTV <60 verrà applicata una detrazione dell'1% del prezzo di elenco per ogni unità in meno. Valori del PTV <45 comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

11.3 REGOLARITÀ

I valori di REGOLARITA' costituiscono il **dato prestazionale superficiale** insieme alla ADERENZA e TESSITURA.

La regolarità della superficie di rotolamento potrà essere misurata con apparecchiature ad alto rendimento dotate di profilometro laser tipo inerziale di classe 1 secondo ASTM E950-98(2004) e calcolata attraverso l'indice IRI (International Roughness Index) come definito dalla World Bank Technical Paper Number 45 e 46 nel 1986.

L'indicatore IRI dovrà essere inferiore o uguale ai seguenti valori:

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	IRI (mm/m)
RS, RP ed NC, come definiti in appendice	2,5
RSS e TS, come definiti in appendice	N.A.

Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra la stesa ed il 180° giorno dall'apertura al traffico.

Le misure saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con specifiche attrezzature verificate preventivamente dal CSS³; La velocità di rilievo dovrà essere mantenuta quanto più possibile costante e non dovrà scendere sotto i 25 km/h.

Dovrà essere rilevata l'intera lunghezza degli interventi realizzati da ogni singolo cantiere e dovrà essere interessata almeno una corsia; le misure di IRI dovranno essere restituite con un passo di misura di 10 m e quindi analizzate per tratte omogenee.

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi sarà condotta con il programma di calcolo fornito dal CSS.

I valori medi di IRI ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare minori o uguali alle prescrizioni riportate.

Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato l'IRI sui due lati della corsia in esame è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di IRI relativi alle TRATTE OMOGENEE in condizioni peggiori, detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

³ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

DETRAZIONI

Le detrazioni saranno applicate per i tratti omogenei quando i valori medi di IRI del tratto omogeneo risultino più alti dei valori prescritti.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dello strato di usura; detti punti corrisponderanno ad un terzo dei punti percentuali per cui l'IRI differisce in aumento rispetto ai valori limite prescritti (esemplificando, se la differenza è del 18% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 6%).

La detrazione riguarderà la larghezza dello strato steso di usura oggetto del lavoro per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di una soglia appresso specificata.

TIPOLOGIA DI INTERVENTO	IRI (mm/m)
RS, RP ed NC, come definiti in appendice	4,0
RSS e TS, come definiti in appendice	N.A.

Se i valori medi di IRI risultassero maggiori di dette soglie, la DL, anche tenendo conto dell'effettiva estensione e della distribuzione di tali tratte, potrà richiedere, a completa cura e spese dell'Appaltatore, l'asportazione completa con fresa di adeguati spessori di conglomerato ed il rifacimento con eventuali imbottiture degli strati fresati per tutta la larghezza dell'intervento; la nuova superficie sarà comunque soggetta alle stesse condizioni di controllo e agli stessi requisiti di regolarità precedentemente descritti.

11.4 PORTANZA

I valori di PORTANZA costituiscono il **dato prestazionale strutturale**.

La misura della portanza si ottiene valutando il bacino di deflessione effettivo della pavimentazione dovuto all'applicazione di un carico dinamico imposto da una macchina a massa battente da 350 kg (Falling Weight Deflectometer - FWD) e/o una macchina mobile ad alto rendimento con asse di misura da 12 t (Traffic Speed Deflectometer - TSD).

La macchina FWD da usare deve essere dotata di almeno 7, preferibilmente 9, misuratori di abbassamento (deflessione) montati in linea ad una distanza prefissata dalla piastra di carico (le distanze dal centro piastra in mm sono: 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, 1800); le misure saranno effettuate di norma su un allineamento disposto centralmente rispetto alla larghezza dell'intervento, o, in caso di dubbi sulla buona riuscita ai bordi, potrà anche essere effettuate nella parte laterale ad almeno 50 cm dal bordo, comunque, i risultati ottenuti varranno per l'accettazione di tutta la larghezza di intervento.

In alternativa potrà essere usata la macchina a massa battente da 700 kg (Heavy Weight Deflectometer - HWD) dotata di almeno 7, preferibilmente 9, sensori montati con le distanze sopra indicate, tuttavia la massa battente applicata dovrà essere regolata a 350 kg.

L'attrezzatura mobile ad alto rendimento per il rilievo in velocità dovrà fornire valori di bacino (abbassamenti) almeno in corrispondenza dell'asse ruota ed a 200, 300, 900 e 1500 mm dall'asse, o almeno fornire direttamente l'indicatore IS300 di seguito specificato.

Il valore indicativo del bacino, da usare come dato di riferimento per i risanamenti profondi (RP come descritti in appendice) dove si interviene sullo strato di fondazione o per le nuove pavimentazioni (NC come descritte in appendice), è quello denominato Indice Strutturale 300 (IS300) misurato in $m \cdot 10^{-6}$ ottenuto come differenza tra la deflessione massima registrata al centro del carico ed a 300 mm da detto centro, mentre i valori, comunque da registrare degli altri abbassamenti, potranno essere usati solo a fini di studio e non per le valutazioni contrattuali nel modo qui di seguito descritto.

Le valutazioni si faranno di norma sulle pavimentazioni finite dove è stato operato un risanamento anche della fondazione stradale, ed è su questi valori che si opererà per le verifiche in termini contrattuali; altre misure, effettuate in corso d'opera sugli strati più bassi e/o intermedi, potranno essere usati dalla DL per dare indicazioni all'Impresa esecutrice, che comunque sarà valutata sul risultato finale.

I Risanamenti Superficiali (RS), le Riparazioni Superficiali di Soccorso (RSS come descritte in appendice) ed i Trattamenti Superficiali (TS come descritti in appendice) non prevedono accettazioni sulla portanza.

Le misure con FWD saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con le specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS⁴; esse avranno una cadenza minima di una valutazione ogni 20 o ogni 50 metri, in funzione dell'effettiva estensione dell'intervento, oppure su distanze minori indicate della DL. Per ogni stazione di misura si dovranno eseguire 3 ripetizioni di carico imponendo un assegnato sforzo pari a 1700 KPa, il bacino di riferimento è il bacino registrato nella terza ripetizione. Le misure si estenderanno a tutto il tratto dell'intervento.

Con le nuove apparecchiature per le misure in velocità tipo Traffic Speed Deflectometer il rilevamento del parametro strutturale avverrà in continuo ed ad alta velocità.

Per ogni tipologia di intervento, definito in appendice, sono state valutate le caratteristiche di portanza, e quindi i bacini di deflessione, che si ottengono sollecitando con un assegnato sforzo i materiali previsti. Tali calcoli hanno permesso di determinare i limiti ammissibili per l'Indice Strutturale IS300, in funzione delle condizioni di prova, e sono riportati nei grafici seguenti. Le condizioni di prova sono valutate attraverso la temperatura effettiva dell'aria al momento della prova e l'eventuale grado di maturazione della lavorazione rapportato al tempo di esecuzione della prova stessa.

Le prove vanno di norma eseguite ad una determinata temperatura di riferimento dell'aria (14°C), ma saranno considerate comunque valide se contenute negli intervalli di temperatura dell'aria comprese tra 8 e 25 °C; oltre tali intervalli di temperatura i dati saranno comunque registrati, ma non costituiranno condizioni vincolanti al fine dell'accettazione dei lavori eseguiti.

⁴ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

Nel caso di lavorazioni o soluzioni progettuali diverse da quelle proposte in appendice, il valore dell'IS300 di riferimento deve essere fornito, prima dell'inizio dei lavori, unitamente al dimensionamento della pavimentazione e al diagramma di controllo specifico della tipologia di pavimentazione che si intende realizzare. In mancanza di questo, si farà riferimento al pacchetto più simile.

Anche il caso di prove FWD eseguite con un diverso valore di carico imposto richiederà un adeguamento dei diagrammi di controllo.

In caso di mancata comunicazione circa la tipologia delle pavimentazioni da realizzare, od il carico imposto durante le prove FWD, varranno le prescrizioni dell'intervento più somigliante tra quelli proposti in appendice e l'Impresa dovrà accettare l'eventuale penalizzazione che potrebbe conseguire.

Le valutazioni di portanza effettuate su strade di nuove costruzioni, o su strade esistenti, tengono conto delle diverse condizioni di lavorazione obiettivamente legate alla presenza o meno del traffico stradale.

Nell'ambito dei Risanamenti Profondi dove è stato operato un risanamento anche della fondazione stradale o delle Nuove Costruzioni la portanza sarà valutata attraverso l'indicatore strutturale IS300, corretto con la temperatura dell'aria come di seguito descritto, valutato e rilevato, con le stesse modalità ed attrezzature sopra descritte, ma giudicato attraverso la tabella di controllo seguente per le soluzioni progettuali catalogate in appendice (capitolo 17).

Per pacchetti strutturali differenti in termini di spessori e/o materiali rispetto a quelli catalogati, i valori di riferimento andranno ricalcolati e posti a base dell'accettabilità della lavorazione.

Le prove dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 60° ed il 180° giorno dal termine delle lavorazioni.

Tipologia lavorazione	IS300 _{14°C} misura FWD con pressione applicata 1700 KPa	IS300 _{14°C} misura TSD con pressione applicata 850 KPa
RPA1	72	41
RPA2	80	46
RPA3	67	39
RPB1	86	48
RPB2	89	51
RPB3	76	44
NC1	66	37
NC2	79	44

I differenti valori di $IS_{300_{14^{\circ}C}}$ riguardanti gli RP (Risanamenti Profondi) e le NC (Nuove Costruzioni), che hanno strati a legante schiumato e/o legato all'emulsione, si riferiscono ai diversi momenti di maturazione di questi materiali valutati in riferimento al periodo di esecuzione delle misure (a un mese, a sei mesi e ad un anno dalla stesa dell'ultimo strato).

Le misure dell'Indice Strutturale (IS) effettuate con i passi indicati andranno analizzate per tratte omogenee.

Prima di detta analisi si dovranno riportare alla temperatura di riferimento dell'aria di $14^{\circ}C$ tutti i valori di IS_{300} rilevati.

La trasformazione riguarderà le sole temperature in quanto tutte le prove, per il tratto in esame, si intendono eseguite in un tempo circoscritto (poche settimane), per cui la curva di controllo da scegliere sarà relativa al primo giorno di esecuzione dei rilievi.

Il valore corretto con temperatura dell'aria di IS_{300} , è fornito dalla seguente espressione:

$$\frac{IS_{14^{\circ}C}}{IS_t} = e^{c \times (14 - T)}$$

dove $IS_{14^{\circ}C}$ è il valore dell'Indice Strutturale riportato alla temperatura di riferimento dell'aria di $14^{\circ}C$

IS_t è il valore dell'Indice Strutturale nelle condizioni di prova

t è la temperatura dell'aria nelle condizioni di prova in $^{\circ}C$

c è il coefficiente che vale 0,037 per gli interventi di tipo RP o NC.

La successiva definizione delle tratte omogenee con i valori così ricavati della portanza potrà essere effettuata anche utilizzando il programma di calcolo fornito dal CSS.

Per TRATTA OMOGENEA si intende quel tratto di pavimentazione in cui i valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio.

I valori medi di IS ricavati per ciascuna TRATTA OMOGENEA dovranno risultare minori o uguali ai valori riportati nella tabella precedente.

DETRAZIONI

La detrazione sarà applicata in punti percentuali sul prezzo di aggiudicazione lavori dell'intero pacchetto ricostruito (inteso costituito da fondazione, base, binder ed usura), determinato come somma dei prezzi dei singoli strati componenti sulla base dei relativi spessori di progetto; tale detrazione varrà per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce.

La detrazione corrisponderà alla metà dei punti percentuali di cui l'Indice Strutturale, alla temperatura di riferimento di $14^{\circ}C$, differisce in aumento rispetto al valore limite prescritto per la tipologia di intervento ed il tempo di maturazione (esemplificando, se la differenza è del 6% rispetto al valore prescritto, la penale sarà del 3%).

Se le differenze dell'IS raggiungessero il 40% in aumento, il lavoro non sarà considerato accettabile, e la DL, anche tenendo conto dell'estensione e della distribuzione delle tratte omogenee carenti, potrà richiedere il suo rifacimento a completa cura e spese dell'Appaltatore.

11.5 VALUTAZIONE DEGLI SPESSORI DEGLI STRATI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO DI UNA PAVIMENTAZIONE STRADALE

Gli spessori degli strati della pavimentazione costituiscono il **dato prestazionale strutturale**.

La misura dello spessore per gli strati bituminosi sarà effettuata mediante carotaggi della pavimentazione.

Le misure con carotaggi, saranno effettuate con gli strumenti del CSS o anche da Laboratori accreditati ISO9001, purché operanti con le specifiche ed attrezzature verificate preventivamente dal CSS⁵;

DETRAZIONI

La detrazione sarà applicata sul prezzo di aggiudicazione lavori così come indicato al paragrafo 8.4.

11.5 BIS PENALI PER INCONGRUENZE RELATIVE ALLA % DI VUOTI E ALLA RESISTENZA A TRAZIONE

Si procederà ad una detrazione sull'importo della lavorazione, calcolata secondo la seguente formula, che fornisce il fattore di moltiplicazione C da applicare a detto importo per ottenere il corrispondente valore rettificato, a seguito di riscontrata carenza dei materiali:

- % dei vuoti (misurati su carote ottenute tramite carotaggio della pavimentazione) al di fuori del range di capitolato:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (2 \cdot v + v^2)$$

con v = valore assoluto (% vuoti misurata sul punto di prelievo - % vuoti limite da capitolato)

Esemplificando, se la differenza tra la % dei vuoti misurata sul punto di prelievo e la % dei vuoti limite da capitolato è del 2%, il fattore di moltiplicazione da applicare sarà calcolato come segue:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (2 \cdot 2 + 2^2) = 0,92$$

Valori dei vuoti superiori al 12% per gli strati di usura chiusa comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa, salvo il danno per il mancato esercizio

⁵ Le verifiche consisteranno nella misura di tratti indicati dai tecnici del CSS e dall'esame dei risultati ottenuti con l'attrezzatura e le specifiche da validare, tali verifiche non si rendono necessarie se il Laboratorio è accreditato ISO17025.

dell'infrastruttura. In caso di usura drenante (anche con argilla espansa), la rimozione dello strato è prevista quando la percentuale dei vuoti è inferiore al 14%.

- Resistenza a trazione indiretta R_t al di fuori dei limiti da capitolato:

per i conglomerati a caldo (determinata su carote ottenute tramite carotaggio della pavimentazione o su provini realizzati con pressa giratoria direttamente in cantiere):

$$C = 1 - 0,01 \cdot (5 \cdot r + 2 \cdot (10 \cdot r)^2)$$

con r = valore assoluto (R_t limite da capitolato - R_t misurata)

Ai fini dell'applicazione della penale, il valore massimo di R_t determinato su miscele sfuse di conglomerato bituminoso prelevate in cantiere e successivamente riscaldate in laboratorio è aumentato di 0,25.

Per le basi a freddo la R_t misurata si intende quella determinata sulle carote estratte dalla pavimentazione dopo almeno 90 giorni dalla realizzazione dello strato. Nel caso di prelievi delle carote prima dei 90 giorni le prove di resistenza a trazione indiretta devono essere eseguite sulle stesse dopo maturazione in stufa per 7 giorni a 40°. Per le basi a freddo il fattore di moltiplicazione C viene invece calcolato mediante la seguente formula:

$$C = 1 - 0,01 \cdot (50 \cdot r + 4 \cdot (10 \cdot r)^2)$$

11.5 TER ANCORAGGIO DEGLI STRATI DI PAVIMENTAZIONE

1) Interfaccia tra usura e strato sottostante

L'**ancoraggio** del tappeto di usura allo strato sottostante (nuovo o preesistente), viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

a) Interfaccia tra usura tradizionale e strato sottostante

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

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

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 12 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato di usura e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

b) Interfaccia tra usura con bitume modificato e strato sottostante

Per valori di resistenza al taglio inferiori a 15 kN viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione percentuale al prezzo di elenco del tappeto di usura pari a:

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

dove t è la media degli scostamenti dei valori ottenuti dalle carote rispetto al valore limite di 15 kN. Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato di usura e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

2) Interfaccia tra binder e strato sottostante

L'**ancoraggio** del binder allo strato sottostante (nuovo o preesistente), viene determinato sulle carote estratte dalla pavimentazione mediante la prova di taglio diretto eseguita con l'apparato Leutner (SN 670461).

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

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

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

Valori di resistenza al taglio inferiori a 5 kN comporteranno la rimozione dello strato del binder ed eventualmente anche dello strato di usura, qualora già realizzato, e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Nei casi in cui all'interfaccia sia stato inserito un elemento di rinforzo (rete, geomembrana, ecc.) il valore minimo di resistenza al taglio accettabile senza detrazione è ridotto a 10 kN.

12 DRENAGGI

12.1 DRENAGGI TRADIZIONALI (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE)

I drenaggi dovranno essere formati con pietrame, ciottolame o misto di fiume e posti in opera su platea in calcestruzzo; il cunicolo drenante di fondo sarà realizzato con tubi di cemento disposti a giunti aperti o con tubi perforati di acciaio zincato.

Il pietrame ed i ciottoli saranno posti in opera a mano con i necessari accorgimenti in modo da evitare successivi assestamenti. Il materiale di maggiori dimensioni dovrà essere sistemato negli strati inferiori mentre il materiale fino negli strati superiori.

La DL potrà ordinare l'intasamento del drenaggio già costituito con sabbia lavata. L'eventuale copertura con terra dovrà essere convenientemente assestata. Il misto di fiume, da impegnare nella formazione dei drenaggi, dovrà essere pulito ed esente da materiali eterogenei e terrosi, granulometricamente assortito con esclusione dei materiali passanti al setaccio 0,4 della serie UNI.

12.2 DRENAGGI CON FILTRO IN "NON TESSUTO" (ESTERNI ALLE ZONE PAVIMENTATE O EFFETTUATI PRIMA DI STENDERE LE PAVIMENTAZIONI)

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 DL. 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/cm² 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/m².

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/m². 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.

12.3 DRENAGGI A SCAVO AUTOMATIZZATO E CON RIEMPIMENTO IN CALCESTRUZZO POROSO (PER DRENARE ZONE GIÀ PAVIMENTATE)

I drenaggi laterali delle pavimentazioni lungo la mezzzeria della corsia di emergenza dovranno essere realizzati mediante uno scavo di larghezza non inferiore a 30 cm eseguito con idonea fresatrice automatica.

Lo scavo dovrà raggiungere una profondità di almeno 30 cm sotto il piano di posa dello strato di fondazione della pavimentazione.

Nel caso che la pendenza esistente nella pavimentazione non sia sufficiente a garantire un rapido smaltimento delle acque (minore dell'1,0%) la profondità del cavo dovrà essere variabile in modo da consentire lo scorrimento delle acque verso gli scarichi.

Verrà sempre impiegato un filtro in tessuto non tessuto analogo a quello descritto nel precedente articolo 12.2. con le stesse modalità di impiego.

Il fondo di detto non tessuto dovrà essere impermeabilizzato con bitume, come descritto nel precedente articolo 12.2.; in alternativa si potrà usare sul fondo dello scavo una platea in calcestruzzo di classe R'bK 200 kg/cm², dell'altezza media di 5 cm, dopo la messa in opera del "non tessuto" sulla platea, oppure dopo l'impermeabilizzazione con bitume dello stesso "non tessuto".

Per lo smaltimento delle acque si potranno utilizzare materassini in materiale sintetico non putrescibile drenanti rivestiti in "non tessuto" posti in doppio strato a diretto contatto col "non tessuto" di fondo, oppure tubazione in corrugato di p.v.c. del diametro 100 mm microfessurata.

Il cavo rivestito di "non tessuto", con dispositivo di smaltimento delle acque prescelto, verrà successivamente riempito di calcestruzzo poroso.

Il calcestruzzo poroso dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- la quantità di cemento da impiegare dovrà essere pari a 150 kg per m³. del tipo 325 preferibilmente pozzolanico o d'alto forno.
- la resistenza a compressione a 28 giorni dovrà essere maggiore od uguale a 100 kg/cm².
- la dimensione massima degli aggregati dovrà essere di 40 mm.
- le pezzature da usare dovranno essere di 3 tipi:

0/5 per circa 300 kg/m³

5/20 per circa 675 kg/m³

20/40 per circa 675 kg/m³

- l'acqua d'impasto dovrà essere 70-80 litri/m³
- il calcestruzzo maturato dovrà avere una capacità drenante di almeno 20 l/sec/m².

Questo calcestruzzo dovrà inoltre ben riempire la cavità in modo da far aderire il più possibile il "non tessuto" alle pareti dello scavo.

Terminato il riempimento, il calcestruzzo poroso dovrà essere ben vibrato mediante vibrocospatori o vibratori ad immersione e si sovrapporrà il "non tessuto" fuoriuscente in sommità; su di esso verrà eseguita una copertura in conglomerato bituminoso tipo chiuso (2% dei vuoti della prova Marshall) per uno spessore medio non inferiore a 7 cm.

13 SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI DI STRISCIATA

- D.01.053 "Sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni"

Gli interventi di sigillatura per chiudere le lesioni o microlesioni presenti sulla pavimentazione longitudinalmente o trasversalmente dovranno essere effettuati tempestivamente in modo da bloccare o contenere il fenomeno di rottura appena questo si manifesta, evitando così la veloce degradazione del tappeto, soprattutto nei casi di distacco del giunto longitudinale di strisciata.

Se le lesioni sono molto diffuse la DL dovrà effettuare una attenta valutazione economica per stabilire l'intervento più idoneo tra quelli elencati nel seguito.

13.1 SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLA PAVIMENTAZIONE ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

La sigillatura delle lesioni delle pavimentazioni eseguita con bitumi modificati colati a caldo dovrà essere effettuata con particolari idonee attrezzature in grado di effettuare operazioni di pulitura delle stesse lesioni per tutta la profondità e colatura del sigillante fino alla loro completa otturazione.

Si procederà, se necessario, alla apertura delle fessure mediante idonea attrezzatura per una larghezza ed una profondità di almeno 2 cm.

Con il getto di aria immesso nelle fessure per mezzo della lancia si dovrà procedere alla perfetta e profonda pulitura della lesione, impiegando poi una lancia a caldo (soprattutto in condizioni di elevata umidità e basse temperature) per asciugare la fessura e favorire l'adesione del bitume.

Il sigillante sarà del tipo bitume modificato Hard (come indicato alla tab. 7.B) uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida sarà versato con apposito dispositivo nell'interno della lesione fino alla sua completa otturazione assicurando la saturazione di eventuali microlesioni superficiali ai bordi della stessa lesione con la creazione di una striscia continua della larghezza variabile da 2 a 5 cm.

13.2 SIGILLATURA DELLE LESIONI DELLE PAVIMENTAZIONI ESEGUITA CON NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO E AUTOADESIVO

Il nastro bituminoso deve essere impiegato per sigillare e chiudere lesioni sulle usure e sui drenanti con la funzione di impedire (o diminuire) l'entrata dell'acqua nella lesione e evitare la disgregazione della pavimentazione intorno alla lesione. Il nastro è composto da bitume 80/100 modificato con SBSr al 15-18% in peso con larghezza compresa tra 40 e 100 mm e spessori 4 + 0,2mm

Parametri richiesti:

Palla e anello (°C)	>200
Penetrazione (dmm)	10-30
Ritorno elastico % (perpendicolare alla superficie di attacco)	≥ 60%
Adesività sul calcestruzzo N/cm ² (sec DIN 1996 parte 19 mod)	≥ 708
Scorrimento verticale a 60°C per 5 ore N/cm ² (sec SNV 671916) %	≤ 1mm

La posa in opera deve essere eseguita su superfici asciutte, prive di elementi scivolosi e di impurità.

La posa in opera deve essere effettuata con temperature dell'aria superiori a 10 °C e dopo la stesa il traffico completa la costipazione ed il fissaggio.

Alla fine della stesa per evitare il rischio di spostamento e/o adesioni tra nastro e pneumatici il nastro deve essere uniformemente cosparso di polveri idonee (polvere di ardesia, calce cemento, gesso o filler).

Il nastro non deve essere utilizzato su:

- lesioni trasversali
- lesioni longitudinali di apertura inferiori a 5mm e superiori a 20mm.

In questi casi si ricorre al bitume modificato (tab. 7.B).

In funzione della larghezza della lesione deve essere usato il nastro adatto: il rapporto tra larghezza nastro e larghezza lesione non deve essere > 2,5

Indicativamente:

Nastro di 40mm per lesioni < 15mm

Nastro di 50mm per lesioni < 20mm

Il nastro di larghezze superiori (es 100 mm) è indicato solo in casi particolari.

13.3 SIGILLATURA DELLA LINEA DI CONTATTO TRA CORDOLO E PAVIMENTAZIONE NEI PONTI E VIADOTTI ESEGUITA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

Si richiamano espressamente le norme di cui al precedente punto 13.1. Inoltre, in questo caso, occorre aver cura di asportare anche con sistemi tradizionali eventuali parti estranee di conglomerato bituminoso non addensato nella zona fra pavimentazione-cordolo (o New Jersey).

14 ARMATURA DI GIUNTI LONGITUDINALI PER RIDURRE LA TRASMISSIONE DELLE FESSURE E GESTIONE DEGLI SCAVI PER SOTTOSERVIZI

14.1 DESCRIZIONE

Per lavori di pavimentazione in affiancamento a sovrastrutture esistenti o per lavori di rappezzo localizzati, al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti a cavallo del giunto di ripresa longitudinale o sopra la zona rappezzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serva a ridurre la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

14.2 CASO DEL GIUNTO LONGITUDINALE

Dovrà essere preventivamente demolita con apposita fresa a freddo la pavimentazione a cavallo del giunto per una larghezza di 50 cm e per una profondità di almeno 10 cm dalla superficie finita della pavimentazione (secondo quanto scritto in premessa).

Sulla superficie così ottenuta, preventivamente emulsionata, potrà essere posta in opera una guaina prefabbricata autoadesiva a freddo, realizzata da una speciale miscela di gomma e bitume armata di rete di polipropilene all'estradosso superiore della larghezza di 45-50 cm.

Al di sopra di detta guaina verrà steso un conglomerato bituminoso chiuso con le caratteristiche di un binder (art.8.1). al quale si rimanda per tutte le prescrizioni non menzionate espressamente), ma con vuoti giratoria a N3 non superiori a 3%.

La stesa del conglomerato sarà preceduta da spruzzatura con emulsione bituminosa acida al 55% delle pareti verticali della trincea longitudinale; detto conglomerato, ben compattato con apposito rullo vibrante di ridotte dimensioni, verrà successivamente ricoperto dal tappeto di usura finale. La formazione del giunto dovrà essere programmata in modo tale che tra la stesa del binder di riempimento e la sua successiva ricopertura non passino più di 20-30 giorni; si dovrà inoltre evitare di ricoprire un riempimento troppo recente (meno di 20 giorni).

La guaina dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- spessore totale miscela gomma-bitume 1,5 mm
- spessore rete di polipropilene 0,5 mm.
- allungamento longitudinale massimo 30%
- allungamento trasversale massimo 25%
- temperature limite d'esercizio 30°C minimo e 150°C massimo

L'autoadesività della guaina dovrà essere garantita da un foglio protettivo di carta siliconata asportabile all'atto dell'applicazione.

14.3 CHIUSURA DEGLI SCAVI RISULTANTI DA INTERVENTI PER SOTTOSERVIZI.

Per la posa di sotto servizi, sarà sempre preferibile evitare la rottura della continuità della pavimentazione stradale, privilegiando la costruzione di appositi cunicoli a fianco della strada od operando gli scavi nella zona a lato della pavimentazione, ad almeno 40 cm dalla striscia di bordo corsia.

Dove è necessario intervenire con la rottura della pavimentazione stradale, per poter procedere alla realizzazione di impianti per sotto servizi ex novo, alla sostituzione parziale o alla riparazione di quanto esistente, si deve procedere al taglio del manto di asfalto con l'utilizzo di seghe adeguate, in modo da non sollecitare la pavimentazione non interessata allo scavo; seguirà la rimozione della parte legata e lo scavo con idonee scavatrici del materiale i sottofondo; in alternativa, in luogo della sega potranno essere usare idonee fresatrici a freddo per la rimozione della pavimentazione legata.

Se la realizzazione dell'intervento per sotto servizi si dovrà protrarre per più tempo, potrà essere richiesta la chiusura dello scavo e il reintegro della sede stradale ad ogni fine giornata lavorativa.

La chiusura finale degli scavi potrà essere quindi divisa in due tempi e con modalità diverse, elencate di seguito.

14.3.1 CHIUSURA DELLO SCAVO TEMPORANEO PER LA SICUREZZA DELLA CIRCOLAZIONE STRADALE

Questo tipo di chiusura andrà eseguito solo se non possono essere lasciati aperti gli scavi per il tempo sufficiente al completamento della posa dei sotto servizi.

L'intervento, da eseguire alla fine dei lavori giornalieri è richiesto per non lasciare la superficie stradale con buche, irregolarità o materiale rimuovibile, pericoloso per il transito libero soprattutto di motocicli, è da considerarsi appunto una chiusura provvisoria, perché soggetta all'assestamento naturale ed alla qualità delle lavorazioni e dei materiali utilizzati.

La compattazione del materiale di riempimento potrà essere non completa visto che la chiusura è provvisoria; la finitura superficiale, facilmente rimuovibile sarà in materiale bituminoso a caldo di spessore di almeno 5 cm.

14.3.2 CHIUSURA DEFINITIVA CON REINTEGRO DELLE CONDIZIONI ORIGINALI DELLA SEDE STRADALE

La chiusura definitiva avverrà in due tempi, alla fine dei lavori di sistemazione del sotto servizio.

Si procederà dapprima al riempimento della parte scavata nel terreno e nel sottofondo della pavimentazione, usando materiali aridi impastati con legante cementizio (circa 4-5% in peso) ed acqua, stesi in strati successivi di spessore non superiore ai 30-40 cm ed idoneamente compattati, fino a raggiungere la quota inferiore dei conglomerati bituminosi. Si procederà poi, fino al raggiungimento della quota di superficie della pavimentazione, con conglomerato bituminoso a caldo di tipo binder, ricavato anche usando materiali fresati (vedi premessa).

Il riempimento dovrà poi essere lasciato sotto traffico per un periodo di almeno 30 giorni in modo da permettere l'eventuale assestamento del riempimento sottostante, qualora non sia stato adeguatamente compattato. Seguirà una fresatura a freddo della zona a cavallo dello scavo per una larghezza del medesimo, aumentata di 30+30 cm ai due lati, per una profondità pari allo spessore dello strato di usura presente sulla strada. Il cassonetto così ricavato, dopo stesa di conguaglio, per colmare eventuali cedimenti intercorsi nel periodo di attesa, sarà riempito, usando idonea vibrofinitrice, con conglomerato di usura sempre a caldo, dello stesso tipo e spessore dell'usura preesistente, da compattare in modo da ottenere una perfetta complanarità della zona trattata.

14.3.3 CASO DEL GIUNTO TRASVERSALE (INIZIO E FINE LAVORAZIONI DI PAVIMENTAZIONI NUOVE IN CONTINUAZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI ESISTENTI)

Per lavori di pavimentazioni in avanzamento a sovrastrutture esistenti, le stesse dovranno essere preventivamente demolite per una profondità minima dello spessore dello stato da ricreare raccordandosi in avanzamento nella misura di 2 m/cm. Al termine della lavorazione il raccordo dovrà avvenire con le stesse modalità.

15 RIPARAZIONE SUPERFICI DEGRADATE DI LIMITATA ESTENSIONE

La riparazione di piccole e circoscritte superfici di pavimentazione ammalorata più o meno diffuse nell'ambito di una corsia o di una carreggiata, sarà effettuata con interventi limitati ai punti ammalorati ed al loro intorno secondo esplicita richiesta della DL.

Questi interventi dovranno essere realizzati con modalità e con impiego di materiali rispondenti alle norme tecniche definite per ciascuna categoria di lavoro.

In particolare dovranno essere impiegate squadre di lavoro attrezzate con frese, finitrici e rulli di idonee dimensioni per essere facilmente trasportate con carrellone ed in grado di realizzare il lavoro a perfetta regola d'arte.

Potranno altresì essere impiegate attrezzature per la rigenerazione in sito della pavimentazione di ridotte dimensioni (max 1,20 m di larghezza), quando gli ammaloramenti in atto non superano lo spessore di 7-8 cm.

In questi casi il lavoro dovrà essere realizzato secondo quanto previsto nell'articolo 8 compensato a misura secondo il prezzo di elenco.

15.1 CASO DEI RAPPEZZI LOCALIZZATI

- **D.01.050** "Esecuzione dei rappezzi localizzati"

I rappezzi sono intesi come trattamenti di alcuni m², distaccati tra loro e tesi a riparare in modo provvisorio, ma durevole zone degradate della pavimentazione limitate nello spazio.

Essi sono di due tipi, a seconda del degrado presente

15.1.1 CASO DI DEGRADO DIFFUSO CON BUCHE GIÀ PRESENTI NON CONTIGUE E NON DIFFUSE

Il rappezzo sarà costituito da un tappeto di conglomerato bituminoso a caldo steso a mano e rullato con piastre vibranti oppure da un trattamento di emulsione modificata e graniglia, eventualmente steso in più strati nelle zone più degradate e o depresse rispetto ai piani di rotolamento.

Potranno anche essere usate sopra lo strato iniziale di emulsione, anche fibre di vetro di alcuni cm di lunghezza, spruzzate sul legante di attacco, prima della posa delle graniglie

Le poche buche profonde eventualmente presenti dovranno essere trattate prima del rappezzo con la tecnica descritta all'Art.16.

15.1.2 CASO DI DEGRADO DIFFUSO MA CON BUCHE GIÀ PRESENTI CONTIGUE E/O DIFFUSE

Questi rappezzi devono essere preparati con accurata demolizione del materiale degradato, con minifresa che riquadri anche i bordi; spianamento del fondo anche con apporto di materiale prebitumato fine ed impregnazione con emulsione acida al 60% di tutte le superfici orizzontali e verticali; i degradi localizzati (buche) non comprendibili nelle zone riquadrate saranno trattati come detto all'art.16.

Seguirà il riempimento e la compattazione con rulli di adeguate dimensioni.

Non si dovranno superare i 10 cm per ogni strato data la difficoltà di ben compattare spazi ridotti.

Al fine di aumentare la durata a fatica dei conglomerati bituminosi posti sopra la zona rappezzata, si potrà richiedere la posa in opera di una guaina bituminosa autoadesiva rinforzata con apposito tessuto non tessuto o geotessile a rete che serva a ritardare la risalita delle fessure presenti sul piano d'appoggio.

Per buche in zone a traffico elevato, dopo la stesa della mano di attacco andrà steso il conglomerato bituminoso di riempimento che non dovrà essere a freddo (bitumi flussati), ma a caldo e preferibilmente modificato con idonei plastomeri, aggiunti nel mescolatore (3-4 kg/t di conglomerato bituminoso) oppure altri preparati a base cementizia a pronta presa da usare in presenza di acqua.

I rappezzi fatti in condizioni climatiche avverse potranno essere realizzati con materiali a freddo, ma le riparazioni dovranno essere ripetute con conglomerato a caldo e con i metodi sopra descritti.

Qualora i rappezzi effettuati con fresa e riempimento lascino non trattate le zone ad esse circostanti, in cui sono presenti lesioni a pelle di cocodrillo, dette zone potranno essere trattate con i sistemi descritti all'art 15.1.1

16 TRATTAMENTO FUNZIONALE DELLE BUCHE (INTERVENTI PUNTUALI)

- **D.01.057** "Trattamento funzionale delle buche (interventi puntuali) non maggiore di 0,5 m²"

Questi interventi dovranno essere realizzati con modalità e con impiego di conglomerati idonei evitando, ove possibile, l'impiego dei conglomerati a freddo in sacchi.

La Committente si riserva la facoltà di provare attrezzature per test su strada finalizzate alla riparazione delle buche.

Gli interventi dovranno garantire una durata maggiore dei 6 mesi, in previsione del rifacimento del tratto interessato.

Dietro approvazione della Committente si potrà operare anche con attrezzature anche automatiche, che tagliano e rimuovono (con margine di sicurezza) la zona interessata dalla buca, con susseguente ripristino del cavo con conglomerato bituminoso a caldo o con emulsione, possibilmente modificata ed adatta allo scopo.

La superficie laterale di taglio e la base dovrà essere netta e ricoperta bitume od emulsione al fine di favorire l'adesione con il conglomerato di ripristino.

Tranne che nei casi improcrastinabili è auspicabile intervenire prima della completa formazione della buca così da intervenire in condizioni meteo e logistiche non di emergenza.

17 APPENDICE

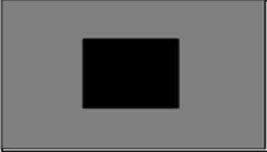


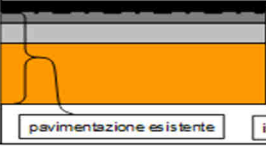
17.1 RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO (RSS)

Questi tipi di interventi superficiali, eseguiti per mettere in sicurezza la pavimentazione e/o per portarne il livello qualitativo a condizioni accettabili, possono essere di tipo localizzato, come i rappezzi o il trattamento funzionale delle buche, oppure estesi, preceduti o meno da un intervento di fresatura. In genere, questi interventi, servono a risanare situazioni di degradi superficiali più o meno accentuati e diffusi, ma, costituiscono soluzioni di breve durata e quindi basso rendimento economico per cui, anche in funzione delle effettive disponibilità economiche, è preferibile adottare altre soluzioni di intervento tipo RP o RS.

Lo spessore del materiale non dovrà essere inferiore a 3 cm ed in genere non superiore a 5 cm e costituisce lo stato di usura.

Gli interventi superficiali di tipo esteso (maggiore di 500 m) sono da adottare al fine di evitare interventi localizzati troppo fitti. Quando possibile, compatibilmente con i vincoli presenti (presenza di barriere, franchi verticali da rispettare, ecc.), è preferibile effettuare delle ricariche. In ogni caso, la realizzazione del nuovo strato deve essere sempre preceduta dalla stesa di una mano di attacco.

Di seguito sono riportate le tipologie di intervento superficiale ed i loro casi applicativi più frequenti.

RIPARAZIONI SUPERFICIALI DI SOCCORSO		
LOCALIZZATI	RAPPEZZI	
		Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali limitate e circoscritte; l'eventuale presenza di un intervento dello stesso tipo, eseguito precedentemente, può indicare la scarsa efficacia risolutiva dello stesso.
ESTESI	TRATTAMENTO FUNZIONALE BUCHE	
		Interventi localizzati e specializzati per risanare le buche della pavimentazione.
	FRESATURA E RICOSTRUZIONE	
		Risagomatura in presenza di degradazioni superficiali diffuse per dare una superficie continua di intervento con durate comunque limitate.
ESTESI	RICARICHE O IMBOTTITURE	
		idem come sopra anche per ripristinare le pendenze trasversali.

17.2 TRATTAMENTI SUPERFICIALI (TS)

L'intervento di tipo superficiale, di maggior resa e minor costo su pavimentazioni che hanno solo problemi di aderenza e fessurazioni di ridotta entità e diffusione ma senza sconfigurazioni del piano viabile, è il trattamento superficiale con malte bituminose tipo "slurry seal" (macro-seal) da 6 mm di spessore confezionate e posate a freddo con idonea attrezzatura (vedi § 10.3).

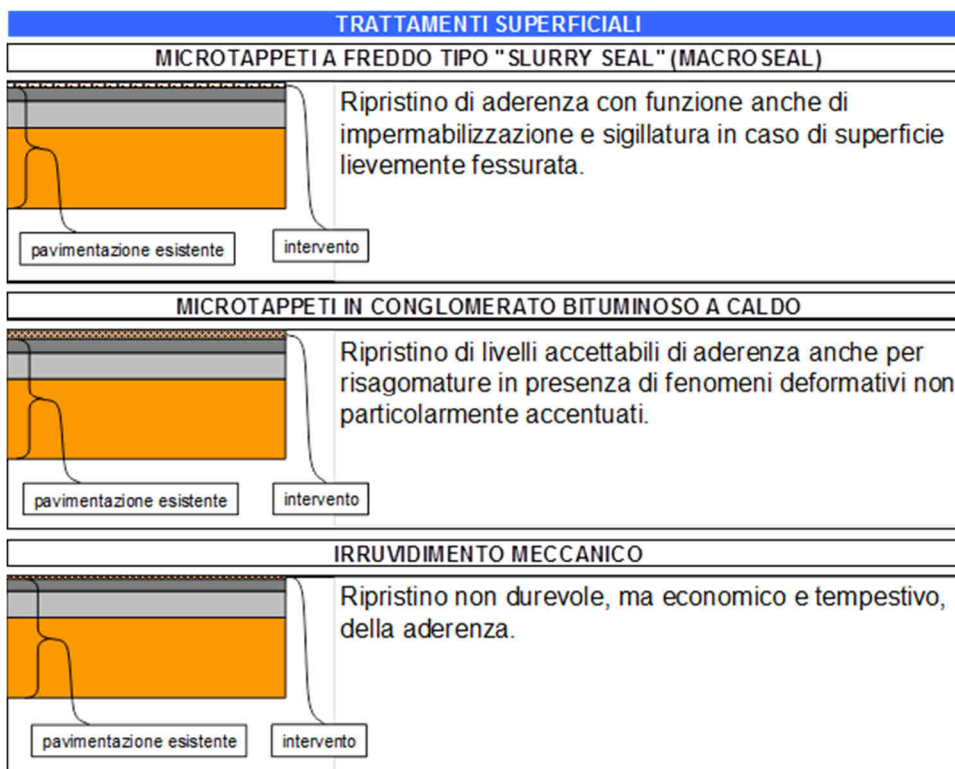
Questi trattamenti superficiali vanno impiegati per il ripristino della aderenza e come impermeabilizzazione o sigillatura di micro lesioni in zone senza cedimenti evidenti.

Altri tipi di intervento superficiali, come i microtappeti, possono rappresentare una soluzione alternativa, sempre nell'ambito degli interventi non durevoli e qualora la regolarità superficiale non sia carente.

La scelta di intervento attraverso l'irruvidimento meccanico può essere previsto esclusivamente in ambiti localizzati per ripristinare livelli accettabili di aderenza nel caso si voglia intervenire rapidamente e con contenuti impegni di spesa.

Tali interventi costituiscono soluzioni temporanee e non durevoli.

Di seguito sono riportate le tipologie di trattamento superficiale ed i loro casi applicativi più frequenti.



17.3 RISANAMENTI SUPERFICIALI (RS)

I Risanamenti Superficiali (RS) hanno lo scopo di rinforzare pavimentazioni non completamente degradate, ovviamente non possono garantire una durata equivalente rispetto agli interventi profondi, ma comportano un minore impegno economico, a fronte di minori durate da prendere in considerazione nei progetti.

Gli RS sono realizzati mediante la fresatura degli strati più superficiali della pavimentazione esistente e possono prevedere anche la realizzazione dello strato di usura in copertura con conseguente innalzamento delle quote; anche per questa tipologia di intervento si prevedono soluzioni di differente durata da utilizzare in funzione delle diverse tipologie di traffico circolante.

I risanamenti superficiali intervengono per cause diverse da quelle connesse ai ripristini di portanza, tra le quali si segnalano:

- evidenza di ammaloramenti solo superficiali;
- impossibilità di chiusura al traffico per i periodi necessari alla realizzazione degli RP;
- interventi che dovranno durare solo per un periodo limitato;
- risanamenti che investano aree poco estese.

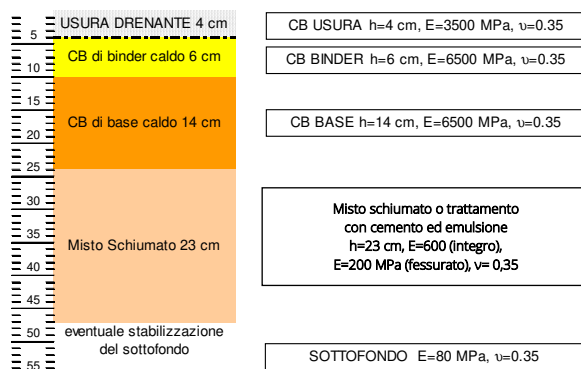
17.4 RISANAMENTI PROFONDI (RP)

I Risanamenti Profondi (RP) assicurano la riclassificazione in alta durata delle pavimentazioni esistenti; essi comportano una completa demolizione della pavimentazione esistente con parziale o totale riutilizzo dei materiali rimossi.

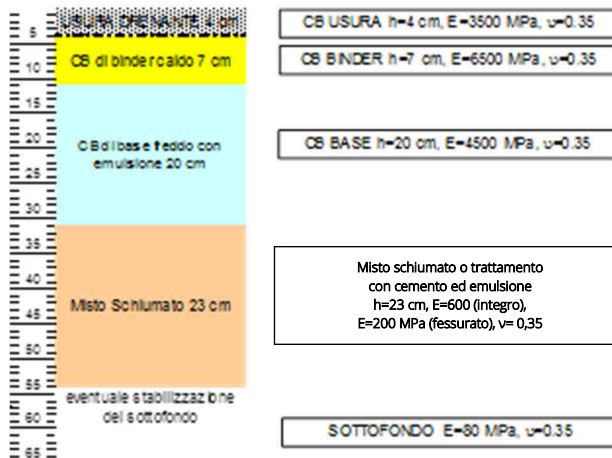
Tali interventi sono previsti dove la pavimentazione si presenta particolarmente ammalorata e dove si vogliono garantire durate elevate in funzione del traffico effettivamente circolante.

Esistono due categorie di RP a seconda del traffico (TGM); ognuna di esse è suddivisa a sua volta in tre tipologie a seconda dei materiali usati (vedi schemi seguenti) tutte di durata equivalente; la scelta dei materiali e della tecnica conseguente dipenderà dalle condizioni locali (impianti, cave, disponibilità di materiali, pavimentazione esistente). Ricordiamo comunque che per la realizzazione delle fondazioni le tecniche più affidabili sono quelle connesse ai riciclaggi a freddo essendo i risultati con il misto cementato più variabili con le condizioni del cantiere di fabbricazione.

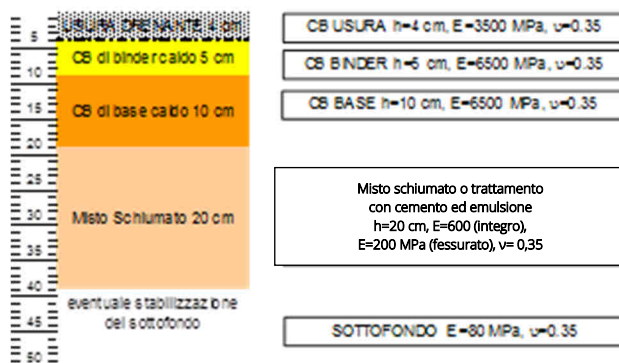
SOLUZIONE DI PROGETTO RPA1
strade con traffico elevato (TGM fino a 50.000) durata teorica 20 anni



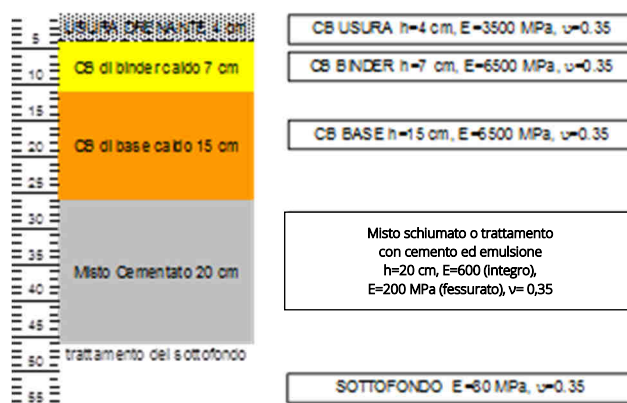
SOLUZIONE DI PROGETTO RPA2
strade con traffico elevato (TGM fino a 50.000) durata teorica 20 anni



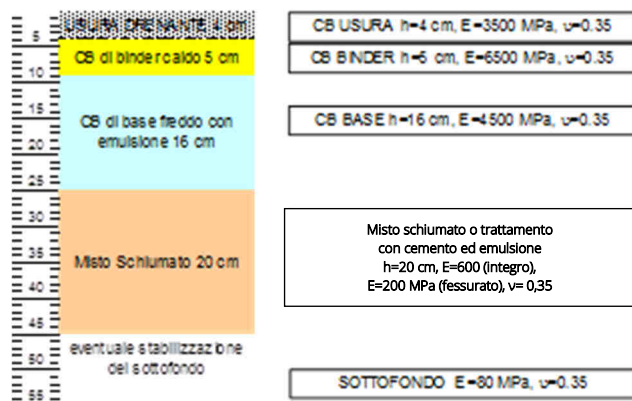
SOLUZIONE DI PROGETTO RPB1
strade con traffico medio (TGM fino a 22.000) durata teorica 20 anni



SOLUZIONE DI PROGETTO RPA3
strade con traffico elevato (TGM fino a 50.000) durata teorica 20 anni



SOLUZIONE DI PROGETTO RPB2
strade con traffico medio (TGM fino a 22.000) durata teorica 20 anni





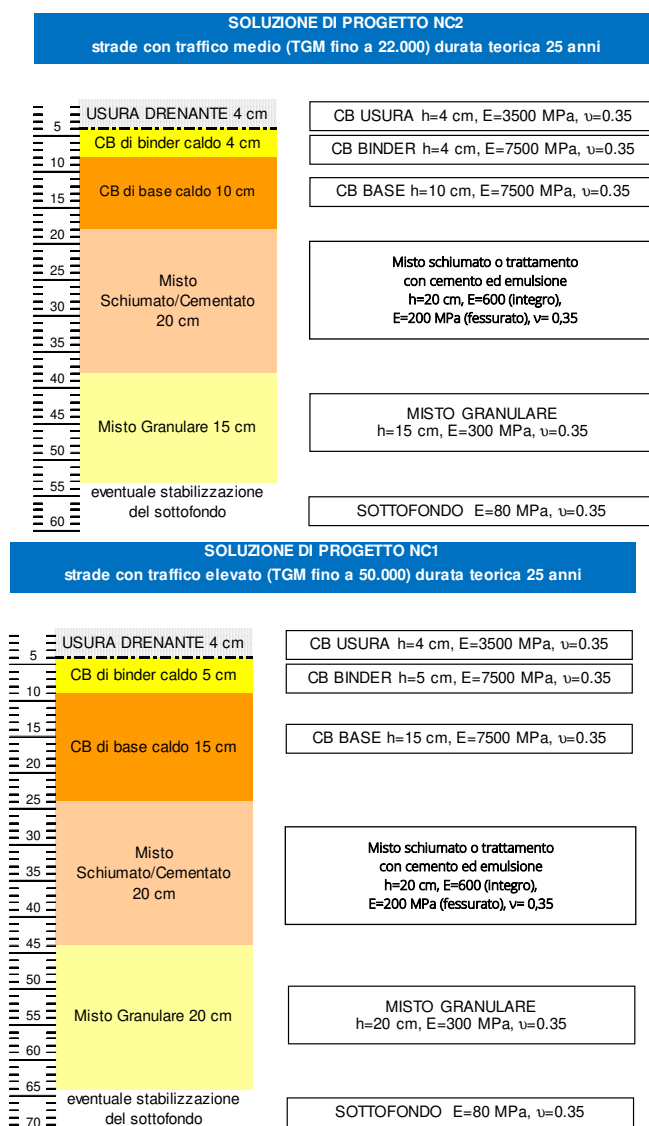
— . — . — . Mano d'attacco con bitume modificato hard

NB le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 11.4

Le usure, sia drenanti che chiuse, potranno essere variate per motivi di opportunità locale, comunque da dichiarare, usando in alternativa solo i tipi riportati nelle Norme Tecniche.

17.5 PAVIMENTAZIONI NUOVE COSTRUZIONI (NC)

Nel caso di realizzazione di nuove pavimentazioni, quindi probabilmente senza materiale da riciclare, vanno utilizzate preferibilmente le tipologie di pavimentazione descritte nelle figure seguenti che prevedono uno strato di fondazione in schiumato miscelato in sito (o premiscelato in impianto), preceduto da uno strato in misto granulare, oltre agli strati in conglomerato bituminoso realizzati a caldo sempre con l'utilizzo di bitume modificato.



— Mano d'attacco con bitume modificato hard

NB le curve di controllo della portanza sono riportate nelle Norme Tecniche all'art. 11.4

La diversa composizione degli spessori dei vari strati costituenti l'intervento rendono indicativamente la soluzione NC1 idonea in presenza di rilevante traffico tipo autostradale, con percentuali

di veicoli commerciali fino al 20%, mentre la soluzione NC2 può essere idonea in presenza di rilevante traffico tipo strade extraurbane, con percentuale di veicoli commerciali fino al 10%.

Disponendo del TGM (Traffico Giornaliero Medio) e della distribuzione e percentuale dei veicoli commerciali è possibile calcolare il traffico in termini di passaggi di assi equivalenti da 12 t e conseguentemente scegliere la soluzione di intervento più idonea, per il raggiungimento delle durate teoriche attese, in relazione alle curve di fatica dei materiali impiegati.

Potranno essere adottate soluzioni di intervento differenti rispetto a quelle indicate, sia per gli spessori che per le tipologie dei materiali impiegati, tuttavia, dovranno essere adottati i materiali e le tipologie di lavorazione contemplati nelle Norme Tecniche e comunque, attraverso il CSS di Cesano, andranno definite le curve di controllo specifiche per la verifica della portanza valutata attraverso l'indicatore prestazionale IS300.

Lo strato di fondazione con bitume schiumato è da preferire al misto cementato perché garantisce una migliore resa e lavorabilità, tuttavia, se previsto in progetto, il cementato potrà sostituire lo schiumato rimanendo valide le relative curve di controllo per un anno di maturazione ed i relativi calcoli di durata teorica. In alternativa allo strato di usura drenante, anche in funzione delle effettive condizioni locali, è possibile realizzare una usura chiusa in conglomerato bituminoso, sempre con bitume modificato hard e conforme alle tipologie riportate nelle Norme Tecniche, in questo caso non sono previste variazioni sulle curve di controllo.

Le caratteristiche dei materiali da utilizzare sono riportate in specifici paragrafi delle Norme Tecniche a cui si rimanda, per ciascuno di essi è poi assegnata una specifica voce nell'Elenco Prezzi per la determinazione dei costi di intervento.

Si rimanda all'Art. 11.4 per tutte le altre considerazioni.



Anas S.p.A.

Via Monzambano, 10 - 00185 Roma

www.stradeanas.it