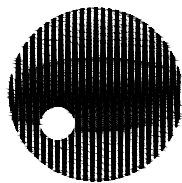




COMUNE DI CARMIGNANO



TENUTA CERI

SOCIETA' AGRICOLA CERI S.r.l. a Socio unico

Sede Legale via Lodz 29/31 - Prato
P.IVA e C.F. : 02035970975

Realizzazione di rotatoria su via Arrendevole Manutenzione straordinaria di via Ginestre

SPAZIO RISERVATO
AGLI UFFICI COMUNALI

DOC.

10

SCALA -

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

PROGETTO ESECUTIVO per la realizzazione di rotatoria su via Arrendevole e Manutenzione straordinaria di via Ginestre.

E.TE.DOC.10_00



Progetto inserimento paesaggistico:
Studio Ceri S.r.l. a Socio Unico
via Lodz 29 / 31 - Prato
Arch. Iuri Biasi



Progetto della viabilità:
Open Ingegneria S.r.l. Società Benefit
Via F.lli Giachetti 28/3 - Prato
Ing. Alessandro Becherucci

INDICE

Art. 1 QUALITÀ DEI MATERIALI	8
1.1 ACQUA PER GLI IMPASTI	8
1.2 LEGANTI IDRAULICI	8
1.3 GESSI.....	8
1.4 GHIAIA, PIETRISCO E SABBIA	8
1.5 MATTONI.....	9
1.6 LEGNAMI	9
1.7 MATERIALI FERROSI.....	9
1.8 SEGNALI STRADALI.....	10
Art. 2 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI	11
Art. 3 CONTROLLO PROVE E CONSEGNA DEI MATERIALI	11
Art. 4 SCAVI E DEMOLIZIONI	12
4.1 SCAVI DI SBANCAMENTO.....	12
4.2 SCAVI DI FONDAZIONE	12
4.3 DEMOLIZIONI	13
Art. 5 MOVIMENTI DI MATERIE	13
5.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI	13
5.2 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI.....	14
5.2.1 Discariche e luoghi di deposito	15
5.2.2 Cave di prestito	16
5.2.3 Impianti di produzione di materiali riciclati.....	16
5.2.4 Campo prove per l'impiego dei materiali	21
5.2.5 Piano particolareggiato delle lavorazioni	23
5.3 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI	24
5.3.1 Materiali sciolti naturali	24
5.3.2 Materiali riciclati.....	25
5.4 ESECUZIONE DEI LAVORI	27
5.4.1 Scavi e demolizioni per la formazione del corpo stradale ex novo.....	27
5.4.2 Demolizione delle sovrastrutture esistenti	32
5.4.3 Piano di posa dei rilevati	33
5.4.4 Corpo del rilevato.....	37
5.4.5 Stabilizzazione delle terre con calce o con calce e cemento	41
5.4.6 Massicci in terra rinforzata.....	46
5.4.7 Sottofondo.....	47
5.5 CONTROLLI	50
5.5.1 Controllo delle forniture.....	50
5.5.2 Controlli prestazionali sugli strati finiti e detrazioni.....	50
5.5.3 Riempimenti.....	54

Art. 6 MURATURE.....	55
6.1 MURATURA A SECCO	55
6.2 MURATURA DI PIETRAME CON MALTA.....	55
6.3 MURATURA IN MATTONI.....	56
6.4 PARAMENTI DELLE MURATURE	56
Art. 7 CALCESTRUZZI E CONGLOMERATI	56
7.1 CALCESTRUZZO DI MALTA ORDINARIO O CICLOPICO	56
7.2 CONGLOMERATI CEMENTIZI.....	56
Art. 8 FORNITURA E POSA IN OPERA DI TUBAZIONI.....	57
8.1 GENERALITÀ.....	57
8.2 MISURE DEI MATERIALI.....	57
8.3 POSA IN OPERA DI FOGNATURE IN ELEMENTI PREFABBRICATI	58
8.3.1 Fognature prefabbricate in calcestruzzo di tipo normale	58
8.3.2 Fogne prefabbricate in calcestruzzo del tipo a bicchiere a giunto elastico	60
8.3.3 Norme comuni ai vari tipi di fogne prefabbricate in calcestruzzo	61
8.3.4 Fogne prefabbricate in p.v.c. tubazioni sezione circolare	61
Art. 9 FONDAZIONI E BASI NON LEGATE	62
9.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI	62
9.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI	62
9.2.1 Aggregati lapidei di primo impiego	62
9.2.1 Aggregati riciclati.....	64
9.2.3 Miscele	65
9.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	66
9.4 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE.....	67
9.5 ESECUZIONE DEI LAVORI	67
9.6 CONTROLLI	67
9.6.1 Controllo delle forniture.....	67
9.6.2 Controlli prestazionali sugli strati finiti	68
Art. 10 STRATI DI FONDAZIONE, SOTTOBASE E BASE IN MISTI A LEGANTE IDRAULICO E/O BITUMINOSO.....	71
10.1 MISTO CEMENTATO.....	71
10.1.1 Generalità e definizioni	71
10.1.1 Qualificazione dei materiali	71
10.1.3 Composizione delle miscele.....	74
10.1.4 Accettazione delle miscele	75
10.1.5 Confezionamento delle miscele	76
10.1.6 Esecuzione dei lavori	76
10.1.7 Controlli	77

Art. 11 STRATI DELLA PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO	81
11.1 MISCELE PER STRATI DI BASE.....	81
11.1.1 Strati di base realizzati con conglomerati bituminosi tradizionali a caldo	81
11.2 MISCELE PER STRATI DI BINDER.....	93
11.2.1 Strati di binder realizzati con conglomerati bituminosi a caldo	93
11.3 STRATI DI USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO.....	105
11.3.1 Miscele per strati di usura tradizionali	105
11.3.2 Manti di usura speciali tipo microtappeto	124
Art. 12 OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA	138
12.1 DIFESA IDRAULICA DEL CORPO STRADALE.....	138
12.2 CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA.....	138
12.2.1 Rivestimento in CLS.....	138
12.2.2 Rivestimento in CAV	138
12.2.3 Cordonature.....	139
12.3 TUBAZIONI	139
12.3.1 Tubi in CAV	139
12.3.2 Tubi in acciaio.....	140
12.3.3 Tubi di poli-cloruro di vinile (PVC).....	141
12.3.4 Tubi di polietilene (PE)	141
12.3.5 Tubi drenanti in PVC	142
12.3.6 Manufatti prefabbricati.....	142
12.4 CADITOIE STRADALI	143
12.4.1 Pozzetti.....	143
12.4.2 Griglie e chiusini.....	143
12.4.3 La tipologia	143
12.5 EMBRICI.....	144
12.6 MANTELLATE DI RIVESTIMENTO SCARPATE	144
12.7 MANTELLATE IN GRIGLIATO ARTICOLATO.....	145
12.8 DRENAGGI.....	145
12.8.1 Drenaggi del corpo stradale	145
12.8.2 Tubazioni perforate per drenaggi	146
12.8.3 Geotessili.....	146
12.8.4 Filtri drenanti granulari	147
12.9 CONTROLLI	148
12.9.1 Calcestruzzo e acciaio	148
12.9.2 Elementi prefabbricati in CAV	148
12.9.3 Griglie e chiusini.....	148

12.9.4 Drenaggi.....	148
12.9.5 Tombini e manufatti di attraversamento del corpo stradale	148
Art.13 SEGNALETICA VERTICALE.....	149
Art.14 SEGNALETICA ORIZZONTALE.....	150
14.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RICHIESTE	150
14.1.1 Segnaletica orizzontale di cantiere.....	150
14.1.2 Segnaletica orizzontale nuova.....	151
14.1.3 Ripasso di segnaletica orizzontale	151
14.1.4 Segnaletica con pittura bicomponente.....	152

PREMESSA

Il presente Capitolato detta le Norme Tecniche per definire le lavorazioni necessarie per dare le opere previste nell'Appalto in oggetto, compiute a regola d'arte.

Le Norme Tecniche contenute all'interno del Capitolato Speciale possono essere di tipo *prescrittivo* o *prestazionale*. Le Norme del primo tipo si fondano sulla conoscenza della buona riuscita di precedenti realizzazioni, analoghe per tipologia e condizioni di esercizio; in tal senso l'Impresa viene guidata lungo il percorso realizzativo compreso tra la scelta dei materiali da impiegare e la loro posa in opera. Le Norme del secondo tipo, viceversa, definiscono le prestazioni che l'opera dovrà garantire al termine della sua realizzazione. Tali prestazioni sono associate a grandezze (parametri) di controllo che possono essere valutate, a prescindere dai materiali che saranno impiegati e dalle tecniche di lavorazione utilizzate (controllo globale), attraverso attrezzature e sistemi di prova specifici. Le prestazioni sono richieste per i materiali costituenti (se lavorati) e, principalmente per i prodotti composti ottenuti con essi ed altri, dopo la posa in opera; in mancanza di queste prestazioni sono previste riduzioni dei prezzi dell'elenco.

In considerazione di ciò, nei singoli articoli, oltre ai criteri per il rispetto delle prescrizioni, sono previsti controlli prestazionali che, in alternativa ai sistemi continui (da preferire, quando possibile), potranno essere di tipo puntuale; inoltre, si precisa che per la scelta dei materiali e dei livelli prestazionali è stato fatto riferimento al volume ed al tipo di traffico che interessa l'infrastruttura, come già descritto nei precedenti livelli di progettazione.

Tutte le seguenti prescrizioni tecniche valgono salvo diversa o ulteriore indicazione più restrittiva espressa nell'elenco prezzi di ogni singola lavorazione.

Negli articoli descrittivi dei prodotti, costituenti o finali, sono indicati alcune prescrizioni di base ed i criteri di progetto. L'Impresa, infatti, oltre ad ottenere le prestazioni finali di cui sopra ha anche l'obbligo di fare eseguire a sue spese, le prove necessarie alla preventiva verifica di idoneità degli elementi componenti e delle miscele da Lei progettate (aggregati, bitume, additivi, ecc) e che essa intende adottare per ogni cantiere.

Gli studi di progetto, che accompagnano i materiali per le prove di verifica, corredati da una completa documentazione delle formulazioni effettuate devono essere presentati alla D.L. e firmati dal responsabile dell'Impresa.

Il rispetto delle formulazioni originali e/o delle loro modifiche, anche se indicate dalla Stazione Appaltante, non eliminano la responsabilità dell'Impresa nell'ottenimento in opera delle prestazioni previste per i singoli strati e per il lavoro complessivo.

Durante i lavori, l'Impresa esecutrice deve attenersi alla formulazione definitiva di progetto indicata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

Presso i Cantieri di produzione deve essere a disposizione della Stazione Appaltante un registro, vidimato dalla D.L. in cui siano riportati tutti i controlli di qualità operati dall'Impresa con i risultati ottenuti.

La D.L. potrà comunque effettuare, in ogni momento a loro insindacabile giudizio, in cantiere di stesa ed in impianto, in relazione ai risultati su strada o sui campioni di laboratorio, in contraddittorio ed a spese dell'Impresa, prelievi, controlli, misure e verifiche sia sui singoli componenti della miscela che sul prodotto finito, sulle attrezzature di produzione, accessorie e di messa in opera: a seguito di questi controlli potrà intervenire in ogni momento sulle operazioni che non garantiscono i risultati richiesti.

Le prestazioni vincolanti da ottenere in opera sono riportate negli specifici articoli del presente Capitolato nei quali sono specificate anche le detrazioni da applicare qualora non siano state ottenute le prestazioni richieste.

ACCETTAZIONE, QUALITA' ED IMPIEGO DI MATERIALI E COMPONENTI

Per tutti i prodotti da costruzione, destinati cioè ad essere incorporati permanentemente in opere da costruzione, si deve applicare la direttiva CEE 89/106 "Regolamento di attuazione relativo ai prodotti da costruzione" recepita con D.P.R. n.246 del 21/4/93, la quale stabilisce, tra l'altro, che **"tutti i prodotti da costruzione possono essere immessi sul mercato soltanto se idonei all'uso previsto (prodotti che recano il marchio CE) "**. Dal 24 aprile 2011, data di entrata in vigore parziale del Regolamento dei Prodotti da Costruzione (CPR - Construction Products Regulation) tale Direttiva è stata abrogata. Il Parlamento europeo ed il Consiglio hanno infatti approvato e firmato il 9 marzo 2011 il regolamento che fissa le condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione all'interno dell'Unione Europea. Tale regolamento pubblicato sulla Gazzetta ufficiale dell'Unione europea il 4 aprile 2011 è entrato in vigore il 24 aprile 2011.

Poiché l'entrata in vigore del CPR è solo parziale (vedi art. 68 del CPR stesso) la direttiva ha ancora parte della sua validità.

Il 1 luglio 2013 il CPR avrà piena applicazione e la direttiva non sarà più applicabile.

Prima della posa in opera, i materiali devono essere riconosciuti idonei e accettati dalla Direzione Lavori, anche a seguito di specifiche prove di laboratorio e/o di certificazioni, anche da effettuarsi a richiesta della Direzione lavori e fornite dal produttore. Dopo la posa in opera, la direzione dei lavori potrà disporre l'esecuzione delle verifiche tecniche e degli accertamenti di laboratorio previsti dalle norme vigenti per l'accettazione delle lavorazioni eseguite.

L'accettazione dei materiali da parte della direzione dei lavori non esenta l'Appaltatore dalla totale responsabilità della riuscita delle opere, anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

La D.L. ha la facoltà di richiedere il campionario di quei materiali che riterrà opportuno e che l'Appaltatore intende impiegare, prima che vengano approvvigionati in cantiere. Inoltre è facoltà della Stazione Appaltante chiedere all'Appaltatore di presentare in forma dettagliata e completa tutte le informazioni utili per stabilire la composizione e le caratteristiche dei singoli elementi componenti le miscele dei conglomerati bituminosi o in calcestruzzo, ovvero tutti i presupposti e le operazioni di mix design necessarie per l'elaborazione progettuale dei diversi conglomerati che l'Impresa ha intenzione di mettere in opera per l'esecuzione dei lavori.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere riconosciuti idonei ed accettati dalla D.L.; ciò non esenta tuttavia l'Impresa dalla responsabilità della riuscita delle opere anche per quanto dipendente dai materiali stessi.

L'utilizzo, da parte dell'Impresa, di prodotti provenienti da operazioni di riciclaggio è ammesso, purché il materiale finito rientri nelle successive prescrizioni di accettazione.

MARCATURA CE

Il Regolamento (UE) N. 305/2011 del Parlamento Europeo e del consiglio del 9 marzo 2011 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio.

Le Marcature CE sono certificazioni di prodotto obbligatorie per quanto riguarda i requisiti minimi di sicurezza che alcuni prodotti, rientranti in determinate Direttive della Comunità Europea, devono possedere.

La marcatura CE è l'indicazione di conformità del prodotto ai requisiti essenziali di sicurezza previsti da una o più direttive comunitarie applicabili al prodotto stesso; è esclusivamente la dichiarazione che sono stati rispettati i requisiti essenziali di sicurezza previsti dalla/e direttiva/e comunitaria/e applicabile/i sul prodotto. Nel caso ciò non fosse possibile, trattandosi di prodotto di dimensioni troppo piccole, dovrà essere applicata sull'eventuale imballaggio e sull'eventuale documentazione di accompagnamento. La marchiatura deve essere apposta dal fabbricante, se risiede nell'Unione Europea, altrimenti da un suo rappresentante, da lui autorizzato, stabilito nella UE. In mancanza anche di quest'ultimo, la responsabilità della marcatura CE ricade sul soggetto che effettua la prima immissione del prodotto nel mercato comunitario. La marcatura CE

deve essere apposta prima che il prodotto sia immesso sul mercato, salvo il caso che direttive specifiche non dispongano altrimenti. La Norma Europea UNI EN 14351-1, in vigore da febbraio 2010, obbliga le imprese produttrici di serramenti a immettere nel mercato i propri prodotti con la marcatura CE, ha subito una revisione che è entrata in vigore dal 1° Dicembre 2010.

Art. 1 QUALITÀ DEI MATERIALI

I materiali da costruzione da impiegarsi nei lavori dovranno corrispondere a tutte le prescrizioni del presente Capitolato Speciale e della loro idoneità ad essere impiegati, sarà giudice inappellabile la Direzione dei Lavori. Salvo speciali prescrizioni essi dovranno provenire da cave, fabbriche, depositi etc., scelti ad esclusiva cura dell'Appaltatore; il quale non potrà quindi accampare alcuna eccezione qualora in corso di coltivazione delle cave o di esercizio delle fabbriche, etc. i materiali non fossero più rispondenti ai requisiti prescritti, ovvero venissero a mancare, ed esso fosse quindi obbligato a ricorrere ad altre cave in località diverse od a diverse provenienze, intendendosi che anche in tali casi resteranno invariati i prezzi unitari stabiliti in Elenco come pure le prescrizioni relative alla qualità dei materiali.

L'Appaltatore è tenuto a far eseguire in cantiere, presso gli stabilimenti di produzione, presso i laboratori autorizzati, tutte le prove (prescritte dal presente Capitolato o dalla D.L.), sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti prefabbricati o formati in opera.

In particolare si prescrivono i seguenti requisiti:

1.1 ACQUA PER GLI IMPASTI

L'acqua dovrà essere dolce, limpida e non contenere i solfati ed i cloruri in percentuale dannosa, esente da materie terrose o inquinata da materie organiche e comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata.

Dovrà avere un PH compreso fra 6 e 8 e torbidezza inferiore al 2%.

1.2 LEGANTI IDRAULICI

I cementi e gli agglomerati cementizi a rapida o lenta presa da impiegare per qualsiasi lavoro risponderanno ai requisiti fissati dal D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni*, dalla Legge 15.11.1971, n° 1086 e dal D.M. del 16/06/76 e ss.mm.

I leganti idraulici saranno forniti e conservati perfettamente asciutti.

Pertanto è riservata alla Direzione dei Lavori la facoltà di rifiutare quei cementi, di qualunque provenienza essi siano, che a suo esclusivo ed inappellabile giudizio non ritenesse adatti per il lavoro da eseguire.

Le calci aeree dovranno rispondere ai requisiti di accettazione e prove di cui alle norme vigenti riportate nel R.D. 16 novembre 1939, n° 2231.

1.3 GESSI

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

1.4 GHIAIA, PIETRISCO E SABBIA

La ghiaia, la sabbia ed il pietrisco, scevri da sostanze friabili e terrose, polverulenti, organiche o comunque dannose, saranno bene assortiti in grandezza e costituiti da grani resistenti e non gelivi, provenienti da rocce compatte, non gessose né decomposte. Detti materiali quando servono alla formazione di calcestruzzi e malte, dovranno rispondere ai requisiti fissati dal D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni*, dalla L. 1086/1971 e a tutte le successive disposizioni, nonché alle norme emanate dal Consiglio Nazionale delle

Ricerche (C.N.R.) al riguardo. La granulometria degli impasti sarà fissata nei vari titoli di lavori o dall'apposita curva granulometrica indicata dalla Direzione dei Lavori.

Per le altre opere la Direzione dei Lavori fisserà, a seconda della loro natura, le dimensioni limite dei materiali; comunque gli elementi formanti le ghiaie ed i pietrischi dovranno passare almeno attraverso un vaglio a fori circolari di cm. 3 di diametro e non passare attraverso i fori di cm. 1 di diametro.

Il pietrischetto, per la ricopertura dei trattamenti superficiali, dovrà essere provvisto in elementi assortiti di dimensioni fra mm. 7 e mm. 20 ed assolutamente scevro da materie polverulenti.

La sabbia dovrà essere costituita da grani passanti allo staccio 2 UNI 2332 per murature in genere e grani passanti allo staccio 0,5 UNI 2332 per gli intonaci e le murature di paramento od in pietra da taglio.

La sabbia per conglomerati cementizi dovrà rispondere ai requisiti di cui al D.M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni e al D.M. 27/07/1985, essere esente da sostanze organiche e presentare una perdita per decantazioni in acqua, inferiore al 2%.

1.5 MATTONI

I mattoni dovranno essere ben formati con facce regolari, a spigoli vivi, di grana fina, compatta ed omogenea; presentare tutti i caratteri di una perfetta cottura, cioè essere duri, sonori alla percussione e non vetrificati; essere esenti da calcinelli e scevri da ogni difetto che possa nuocere alla buona riuscita delle murature; aderire fortemente alle malte; essere resistenti alla cristallizzazione dei solfati alcalini; non contenere solfati solubili od ossidi alcalino-terrosi, ed infine non essere eccessivamente assorbenti. I laterizi da impiegarsi nelle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche dovranno rispondere alle caratteristiche di cui all'allegato 7 del D.M. 9 gennaio 1996. Per individuare le caratteristiche di resistenza degli elementi artificiali pieni e semipieni si farà riferimento al D.M. Min. LL.PP. 20 novembre 1987.

1.6 LEGNAMI

Per la nomenclatura delle specie, si farà riferimento alle norme UNI 2853, 2854 e 3917; per le dimensioni degli assortimenti alla UNI 3517, per i difetti alla UNI 3016; per la misurazione e cubatura alla UNI 3518.

I legnami di qualsiasi essenza risponderanno alle prescrizioni di cui al R.D. 10.10.1912 e ss. mm. e successive modifiche e non dovranno presentare difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

1.7 MATERIALI FERROSI

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili.

In particolare per gli acciai per opere in cemento armato, cemento armato precompresso e per carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dal D.M. 9/1/1996.

Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dalla Normativa vigente in materia, dalle norme U.N.I., e presentare inoltre, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti:

- **Ferro** - Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte e senza altre soluzioni di continuità.

- **Acciaio dolce laminato** - L'acciaio extradolce laminato (comunemente chiamato ferro omogeneo) dovrà essere eminentemente dolce e malleabile, perfettamente lavorabile a freddo ed a caldo, senza presentare screpolature od alterazioni; dovrà essere saldabile e non suscettibile di prendere la tempra. Alla rottura dovrà presentare struttura finemente granulare.
- **Acciaio per cemento armato** - L'acciaio impiegato nelle strutture in conglomerato cementizio armato dovrà rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni* e al D.M. 9 gennaio 1996, nonché alle prescrizioni di cui agli allegati della circolari applicative. Il Direttore dei lavori, a suo insindacabile giudizio, effettuerà i controlli in cantiere, secondo la normativa vigente.
- **Acciaio per strutture metalliche** - L'acciaio impiegato nelle strutture metalliche dovrà rispondere alle prescrizioni di cui al D.M. 9 gennaio 1996 punto 2 per acciaio laminato, per acciaio per getti, per acciaio per strutture saldate; gli elettrodi per saldature dovranno rispondere alle prescrizioni ivi contenute e così i bulloni e i chiodi; la fornitura dovrà essere accompagnata dalla certificazione di cui al D.M. 9 gennaio 1996. Il Direttore dei lavori, qualora lo ritenga opportuno, ed a suo insindacabile giudizio, potrà effettuare controlli, a norma del suddetto Allegato 8, anche su prodotti qualificati.
- **L'acciaio resistente alla corrosione atmosferica**, di tipo CORTEN e simili, dovrà corrispondere alle caratteristiche meccaniche previste per il tipo Fe510 dalle vigenti norme tecniche ed inoltre essere idoneo all'impiego alla temperatura di -15° C° senza pericolo di rottura fragile. Pertanto il materiale deve avere una resistenza secondo UNI 4713 non inferiore 3,5 Kg/cm² misurata a tale temperatura. Tale tipo di acciaio dovrà essere calmato e la sua analisi chimica dovrà essere tale da determinare nei confronti della corrosione una forte resistenza che gli consenta di essere impiegato allo stato nudo senza la necessità di prevedere un rivestimento protettivo. I bulloni impiegati nelle giunzioni di manufatti in Corten dovranno essere di questo stesso materiale.
- **Ghisa** - La ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di fattura grigia, finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomarne la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. E' assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose.

La D.L., a suo insindacabile giudizio, effettuerà i controlli in cantiere in base alla suddette disposizioni di legge.

1.8 SEGNALI STRADALI

La segnaletica orizzontale e verticale sarà realizzata conformemente e nel rispetto delle disposizioni tecnico-normative del Nuovo Codice della Strada (D.Lgs. n. 285/1992 del 30 Aprile 1992) e del relativo Regolamento di Attuazione (D.P.R.n.495/1992 del 16 Dicembre 1992) e s.m. e i. e ulteriori norme di riferimento (Norme UNI EN 1436)

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare campioni rappresentativi per la relativa accettazione preliminare.

Art. 2 PRESCRIZIONI TECNICHE GENERALI PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

Tutti i lavori, definitivi e provvisori, saranno eseguiti secondo le migliori regole dell'arte e secondo le prescrizioni che in corso di esecuzione verranno impartite dalla Direzione dei Lavori, rimanendo stabilito che l'Impresa attuerà, a sua cura e spese, tutti i provvedimenti necessari per prevenire danni sia alle persone, sia alle cose, intendendosi pertanto, che l'Amministrazione appaltante resterà sollevata ed indenne da qualsiasi responsabilità verso terzi e da qualunque molestia giudiziaria che dovesse derivare dall'esecuzione dei lavori.

In particolare l'Impresa dovrà adottare tutte le cautele ed i mezzi d'opera atti a prevenire danni che potessero verificarsi ai fabbricati, servizi e beni circostanti, in dipendenza dell'esecuzione dei lavori ed accertare eventualmente in contraddittorio con i proprietari od enti interessati, la consistenza dei fabbricati, beni o servizi, rimanendo fin d'ora pattuito che l'Impresa ed essa sola è responsabile degli eventuali danni ad essi arrecati e come tale è tenuta al loro risarcimento.

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

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

Per tutte quelle categorie di lavoro per le quali non si trovino nel presente Capitolato prescritte speciali norme, l'Appaltatore dovrà seguire i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica, attenendosi agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione dei Lavori.

Art. 3 CONTROLLO PROVE E CONSEGNA DEI MATERIALI

L'Impresa ha l'obbligo di ammettere, nei propri cantieri, il personale indicato dalla Direzione dei Lavori per la sorveglianza e controllo nella preparazione dei conglomerati cementizi in centrali di betonaggio, dei pietrischetti bitumati e dei conglomerati bituminosi, fornire personale e mezzi per l'accertamento delle prescrizioni di Capitolato.

Le prove comprovanti l'idoneità dei materiali impiegati dovranno essere fatte da laboratori universitari autorizzati a cura della Direzione dei Lavori ed a spese dell'Appaltatore.

La consegna dei materiali dovrà avvenire nelle strade a piè d'opera, o nei cantieri comunali o nelle piazzole predisposte in qualunque località del territorio comunale a cura dell'Impresa, secondo gli ordini ricevuti.

Sono a carico dell'Impresa tutte le operazioni di carico, trasporto e scarico, accatastamento e misura dei materiali, essendo tali oneri compresi nei prezzi unitari.

Le forniture avranno la durata prevista nell'apposito articolo, ma l'Amministrazione si riserva il diritto di richiederle in quelle quantità e con la gradualità che riterrà necessaria, stabilendo, di volta in volta, con buoni di ordinazione i quantitativi di materiale ed i termini di consegna senza che l'Impresa abbia diritto a compenso alcuno.

L'Appaltatore dovrà recarsi tutti i giorni presso la Direzione Lavori per ricevere i relativi ordini.

I materiali misurabili a volume secondo l'Elenco Prezzi, potranno essere misurati al loro arrivo con carico assestato nel camion, oppure in cataste di forma geometrica disposte a cura dell'Impresa.

L'Impresa si obbliga a consegnare i materiali con automezzi muniti di cassone regolare, col carico perfettamente spianato, senza vuoti, né cumuli, in modo che risulti un perfetto parallelepipedo.

Il personale della Direzione Lavori ha l'obbligo di respingere i carichi che non corrispondono al solido di parallelepipedo.

I materiali valutabili a peso dovranno essere accompagnati da note pesi controllabili con le bascule dei cantieri od alla pesa pubblica.

Ogni carico inoltre, dovrà essere accompagnato da un buono di consegna con l'indicazione esatta del materiale corrispondente alle voci di Capitolato e della misura dei materiali.

Art. 4 SCAVI E DEMOLIZIONI

Gli scavi, comunque occorrenti, saranno eseguiti secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che potrà dare la D.L. in sede esecutiva. Tutti i materiali provenienti dagli scavi sono di proprietà dell'Amministrazione: la D.L. ne disporrà il riutilizzo se ritenuti idonei, oppure l'allontanamento a pubblica discarica o ai magazzini comunali.

4.1 SCAVI DI SBANCAMENTO

Per scavi di sbancamento si intendono quelli necessari all'apertura della sede stradale, piazzali etc. e comunque quelli occorrenti per l'impianto di opere d'arte se ricadenti al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o per il punto più depresso delle trincee o splateamenti eseguiti ed aperti almeno da un lato.

Detti scavi dovranno essere dall'Impresa convenientemente armati con sbadacchiature od anche, se la natura del terreno lo richiede, con casseri a tenuta.

Degli eventuali franamenti di scarpate, dovuti a deficiente armatura dei cavi od altra causa qualsiasi, non sarà tenuto conto agli effetti contabili.

Il volume degli scavi verrà determinato con il metodo delle sezioni ragguagliate.

4.2 SCAVI DI FONDAZIONE

Per scavi di fondazione si intendono quelli ricadenti al di sotto del piano orizzontale di cui al precedente punto, chiusi tra pareti verticali (o meno) e riproducenti il perimetro delle fondazioni.

Dovranno essere spinti alla profondità ritenuta necessaria dalla D.L. e/o indicata negli elaborati progettuali.

Sono da considerarsi scavi di fondazione anche quelli eseguiti per dar luogo a fogne, condotti, fossi e cunette, per la parte che ricade sotto il piano di splateamento.

La cubicità degli sterri sarà desunta dal cavo effettuato secondo i disegni di progetto e gli ordini ricevuti, senza tener conto dell'aumento di volume delle materie escavate, né del volume che provenisse da smottamenti e

frane dovute a qualsiasi causa, essendo stato tale onere considerato nello stabilire il prezzo degli sterri di che all'unito elenco.

Per la misurazione degli sterri, come di tutte le altre opere, si adotteranno metodi esclusivamente geometrici.

I rinterri dovranno essere pestonati a strati di altezza non superiore ai cm. 30, in modo da evitare qualsiasi cedimento e dovranno essere sagomati nella superficie superiore secondo i piani che verranno dati dalla Direzione dei Lavori. Sono considerati come scavi subacquei soltanto quelli eseguiti al disotto di 20 cm. dal livello a cui si stabiliscono le acque filtranti.

4.3 DEMOLIZIONI

Le demolizioni si eseguiranno in modo da non danneggiare le eventuali rimanenti parti delle opere da conservare, rimanendo a carico dell'Appaltatore il ripristino delle parti indebitamente demolite o danneggiate.

I materiali inutilizzabili di risulta verranno portati al pubblico scarico a cura e spese dell'Impresa stessa.

I materiali idonei resteranno di proprietà dell'Amministrazione e potranno essere reimpiegati: competerà all'Appaltatore l'onere di trasporto e accatastamento nei depositi indicati dalla D.L.

L'Impresa rimane responsabile delle rotture e dei guasti, che per negligenza o malanimo si verificassero nei materiali stessi, pertanto, prima di iniziare i lavori dovrà essere accertato lo stato ed il sistema costruttivo delle opere da demolire.

Se non diversamente disposto, l'Appaltatore disporrà la tecnica più idonea, il tipo e la quantità di opere provvisorie, il tipo dei macchinari, la quantità di personale. L'Amministrazione, la D.L. ed il personale preposto alla sorveglianza resteranno esclusi da responsabilità connesse all'esecuzione dei lavori cui trattasi.

Art. 5 MOVIMENTI DI MATERIE

5.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

Il corpo stradale è il solido altimetricamente compreso tra il piano di campagna e il piano viabile. Al di fuori dei tratti occupati da opere d'arte maggiori (ponti, viadotti e gallerie), il corpo stradale si realizza attraverso movimenti di materie con la costruzione di rilevati e l'apertura di trincee.

Il rilevato è la porzione del corpo stradale altimetricamente compresa tra il suo piano di posa (di norma complanare a quello di campagna) e quello di posa della sovrastruttura stradale.

Il corpo del rilevato è la porzione di rilevato altimetricamente compresa tra il suo piano di posa e il piano di posa del sottofondo.

Il sottofondo è lo strato di materiale (tradizionalmente terroso) costituente il fondo di uno scavo o la parte superiore di un rilevato, avente caratteristiche atte a costituire adeguato appoggio alla sovrastruttura; tale deve considerarsi il materiale sino ad una profondità alla quale le azioni indotte dai carichi mobili sono apprezzabili ed influenti sulla stabilità dell'insieme (di solito dell'ordine di 100 cm).

Nei movimenti di materiali si distinguono le seguenti lavorazioni:

lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), nonché lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanze organiche);

gli scavi di sbancamento per l'apertura della sede stradale in trincea, per la predisposizione dei piani di appoggio dei rilevati e per le opere di pertinenza stradali;

gli scavi a sezione ristretta per l'impianto di opere d'arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia; la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore di questi su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo).

Per la costruzione dei rilevati e dei sottofondi è consentito l'impiego sia di materiali naturali, sia di materiali riciclati provenienti da attività di costruzione o demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 febbraio 1998. I materiali riciclati possono essere miscelati tra loro e anche con terre naturali.

L'adozione di tecnologie, materiali e prodotti di tipo innovativo, diversi dalle terre, può essere prevista nel progetto; in questi casi, per la qualificazione e i controlli dei materiali, l'Impresa deve attenersi alle specificazioni di progetto.

In presenza di esigenze tecniche particolari, l'Impresa può anche proporre l'impiego di materiali non previsti espressamente in progetto, ma sempre nel rispetto del quadro economico. In questo caso i materiali devono essere sottoposti, prima del loro impiego, ad adeguate verifiche e, se necessario, a prove di laboratorio per accertarne l'idoneità alla particolare utilizzazione prevista, secondo le specifiche indicate nei paragrafi seguenti. Gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

5.2 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

Con riferimento alla verifica del progetto ed alle lavorazioni per la formazione del corpo stradale in trincea ed in rilevato, l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, indicando le fonti di approvvigionamento dei materiali, le discariche e i siti di deposito, nonché eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su determinazioni sperimentali di laboratorio e su prove in vera grandezza.

Detta indagine si articola di norma come segue:

rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative;

rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;

identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) o dei materiali riciclati per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le prove di laboratorio di cui ai seguenti paragrafi.

Tenuto conto dei risultati dell'indagine, l'Impresa predispone i seguenti documenti da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni:

Piano dettagliato della sperimentazione in vera grandezza (campo prove);

Piano particolareggiato delle lavorazioni di movimenti di materie.

5.2.1 Discariche e luoghi di deposito

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti devono essere portate a rifiuto nelle discariche individuate in progetto ovvero nel rispetto delle leggi e dei regolamenti locali, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione del Direttore dei Lavori e degli Enti preposti alla tutela del territorio.

Si deve in ogni caso evitare che le materie depositate possano arrecare danni (sia nel breve che nel lungo termine) alle opere realizzate ed alle proprietà limitrofe, come pure essere causa d'instabilità dei terreni adiacenti ed ostacolo al libero deflusso delle acque.

In relazione alle cubature da conferire a discarica (ed eventualmente anche da mettere a deposito provvisorio), in siti non previsti o non esaurientemente trattati in progetto, l'Appaltatore è tenuto a produrre:

- gli studi di stabilità e d'integrazione ambientale della discarica, particolarmente per quanto riguarda l'idrologia superficiale e profonda e l'impatto paesaggistico;
- le autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti in materia, in accordo alle norme ed ai regolamenti vigenti, come pure quelle relative all'occupazione dei terreni, da parte dei proprietari.

In linea generale i materiali idonei provenienti dagli scavi devono essere utilizzati immediatamente, senza far ricorso a luoghi di deposito provvisori.

Nel caso in cui le materie provenienti dagli scavi dovessero essere temporaneamente accantonate, per essere utilizzate successivamente nei riempimenti di cavi, rinterrì, eccetera, esse possono essere depositate nell'ambito del cantiere o in luoghi tali da non provocare danni a persone e cose ed intralci al traffico.

I luoghi di deposito della terra vegetale da utilizzarsi per il ricoprimento delle scarpate e per la realizzazione di opere in verde, in particolare, debbono essere sistemati in modo da evitare venute e ristagni d'acqua, capaci di impedire l'ossigenazione della terra stessa. I cumuli di terra vegetale disposti con scarpate generalmente di 3/2, non devono superare l'altezza di 3,00 metri, particolarmente nel caso in cui il piano d'impiego preveda attese superiori di più di sei mesi.

Nella sistemazione dei depositi di terra vegetale, inoltre, l'Impresa ha l'obbligo:

- di utilizzare modalità operative e mezzi idonei ad evitare ogni costipamento ed assestamento della terra;
- di mantenere i depositi provvisori esenti da vegetazione indesiderata, procedendo alla falciatura delle erbe infestanti, prima della fioritura, ovvero al diserbamento, anche mediante l'impiego di diserbanti, se accettati dalla Direzione dei Lavori in relazione al loro rischio ambientale.

L'Impresa deve produrre, anche per le cave di deposito temporaneo e permanente, se necessario a modifica o integrazione del progetto, calcoli geotecnici ed elaborati di controllo e salvaguardia ambientale, in analogia a quanto sarà illustrato per le cave di prestito.

5.2.2 Cave di prestito

Per le cave di prestito messe a disposizione dalla Stazione appaltante, le aree da cui devono prelevarsi i materiali sono consegnate all'Appaltatore in occasione della consegna dei lavori (ovvero di verbale parziale, se è disposta una consegna frazionata).

Per l'occasione possono essere specificate le particolari modalità previste in progetto e che l'Impresa deve rispettare in ordine:

- ad eventuali condizioni particolari di prelievo del materiale (estrazione in acqua, a strati suborizzontali o frontali, uso o meno di mine);
- alla regolamentazione in materia d'ambiente, d'inquinamento atmosferico ed acustico, di sicurezza dell'esercizio;
- alle condizioni di stoccaggio del materiale cavato;
- alle opere provvisorie e finalizzate al deflusso delle acque;
- alle vie di accesso (viabilità interessata e piste di servizio);
- al ripristino dei luoghi dopo l'esercizio (ricucitura vegetazionale e modellazione morfologica, ripristini di pavimentazioni, ecc.).

Per le cave di prestito proposte dall'Appaltatore, o individuate sotto la sua responsabilità, in difformità del progetto, ovvero nel caso in cui il progetto ne lasci l'onere all'esecutore, la soluzione deve essere da questo sottoposta all'approvazione del Direttore dei Lavori, provvedendo a corredare la richiesta di:

- indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine all'impiego;
- valutazione delle cubature estraibili;
- modalità di esercizio come sopra specificato;
- benessere del proprietario del suolo allo sfruttamento.

5.2.3 Impianti di produzione di materiali riciclati

Requisiti degli impianti di produzione

Per il presente articolo e per tutte le lavorazioni con materiali riciclati, per tutto quanto non esposto nel presente Capitolato, si farà riferimento al Capitolato Speciale di Appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione della Regione Toscana (approvato con D.G.R.T. n. 337 del 15/05/2006).

Gli impianti di produzione di inerti riciclati devono essere qualificati dalla Direzione Lavori per stabilirne l'idoneità alla fornitura del materiale, nonché la rispondenza alle prescrizioni metodologiche del processo di cui al punto 7.1.3 del D.M. 05/02/98 –Allegato 1.

Le modalità di trattamento e di miscelazione dei residui delle attività dalle quali viene generato l'aggregato possono influire notevolmente sulla qualità del prodotto finale.

Per ottenere con maggiore certezza costanti risultati in opera, il materiale da riciclo deve mantenere elevati livelli di costanza granulometrica e di composizione. Questo risultato può essere raggiunto qualora gli impianti di produzione di inerti riciclati siano organizzati in modo tale da:

- consentire il controllo della qualità dei materiali in arrivo, per una verifica delle caratteristiche e dell'idoneità all'utilizzo;
- essere dotati di zone debitamente attrezzate e delimitate per lo stoccaggio provvisorio del materiale, eventualmente suddiviso per tipologie (calcestruzzi, macerie, conglomerati bituminosi, sfridi, scarti industriali, ecc.);
- consentire l'alimentazione dell'impianto di trattamento mediante mezzo meccanico (per esempio una pala gommata), evitando che lo stesso venga alimentato direttamente dagli autocarri in arrivo;
- consentire, in uscita dalla tramoggia di alimentazione, il controllo qualitativo dei materiali con eventuale esclusione dal ciclo produttivo del materiale non idoneo e/o pericoloso ed invio, tramite un by-pass, ad uno stoccaggio separato;
- consentire una prima vagliatura, mediante vibrovaglio, per l'eliminazione della frazione fine, e il convogliamento del materiale nella camera di frantumazione del mulino, in modo da avere la riduzione granulometrica dei detriti ed il perfetto distacco delle armature di acciaio dal calcestruzzo;
- consentire l'individuazione di sostanze pericolose e/o nocive;
- essere dotato di un deferizzatore primario per l'eliminazione degli elementi ferrosi e di un secondo deferizzatore, posto più vicino al nastro, in grado di eliminare anche le parti metalliche minute eventualmente sfuggite al primo deferizzatore;
- consentire la separazione automatica, anche in più stadi, delle frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere, ecc.) che devono essere convogliate in appositi contenitori;
- essere dotato di un vibrovaglio, per la selezione delle diverse frazioni granulometriche.

Per garantire la costanza della qualità del prodotto, a prescindere dalle tipologie in alimentazione, gli impianti devono essere strutturati in modo tale da consentire la compensazione di carenze o eccedenze di frazioni granulometriche (dovute al tipo di materiale immesso nel ciclo); ciò, mediante la predisposizione di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente l'intero assortimento granulometrico richiesto.

Impianti a prodotto costante: Impianti nei quali sono rispettati tutti i requisiti di cui ai precedenti punti da a) ad i) e nei quali sia mantenuto un controllo efficace sulla produzione al fine di garantirne un elevato livello di costanza granulometrica e di composizione degli inerti prodotti (vedasi anche al successivo paragrafo.).

Formazione, stoccaggio e caratterizzazione dei lotti

In relazione alla variabilità della provenienza dei materiali in arrivo all'impianto, dalla quale può conseguire una disuniformità del comportamento in opera, gli aggregati riciclati possono essere impiegati unicamente se facenti parte di lotti previamente caratterizzati. I risultati delle prove di laboratorio su campioni, da prelevare secondo le modalità di seguito indicate, sono da ritenersi rappresentativi del solo lotto sul quale è stato effettuato il campionamento.

I singoli lotti di prodotto devono essere stoccati su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separati e distinguibili gli uni dagli altri. I lotti hanno di norma dimensioni variabili da 500 a 3000 m³.

L'accumulo del materiale può avvenire, per ciascun lotto:

in cumuli di forma conica o piramidale, costituiti per caduta dall'alto del materiale, senza particolari accorgimenti destinati ad evitare la segregazione granulometrica o a favorire la miscelazione degli apporti;

in cumuli piatti ed estesi, a superficie superiore piana ed orizzontale e di altezza massima di 3 m; in tal caso possono essere sovrapposte partite diverse, purché la base di appoggio della partita sovrastante sia interamente interna, con adeguato margine, alla superficie superiore della partita sottostante. Questo tipo di accumulo di materiale è da preferire perché contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali;

con accorgimenti e modalità distributive che consentano di garantire elevati livelli di omogeneità granulometrica e di composizione;

in volumi predisposti per un sistema di asportazione automaticamente omogeneizzante.

Eccezionalmente, un lotto può essere costituito dal solo contenuto del singolo veicolo impiegato per il trasporto.

Campionamento ai fini della caratterizzazione del prodotto

Il campionamento deve essere eseguito a cura del Personale del Laboratorio specializzato che effettua le prove sul materiale e che redige il relativo Certificato di prova.

Durante l'esecuzione delle campionature devono essere annotate e riportate in apposito Verbale di prelevamento tutte le notizie che possono concorrere a fornire utili indicazioni sulla rappresentatività dei campioni prelevati, sulla loro ubicazione e sulle condizioni dei cumuli.

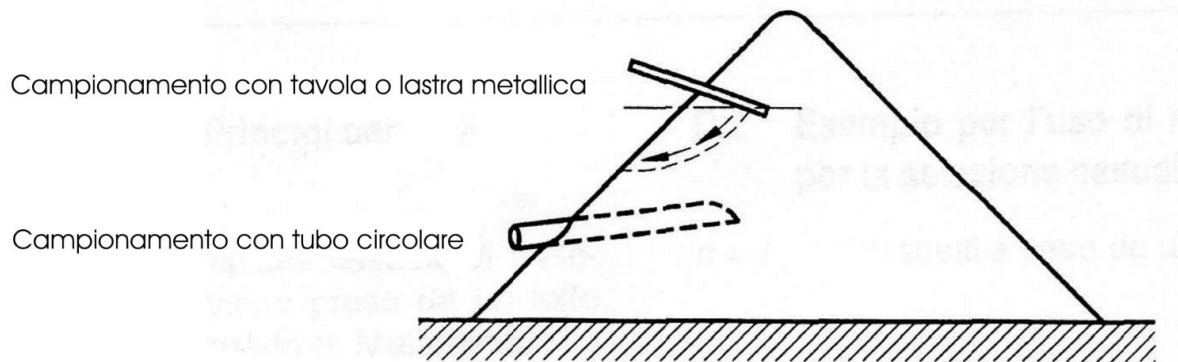
Ciascun campione deve essere tenuto separato dagli altri, chiuso in un contenitore contraddistinto da etichetta chiara ed inalterabile, e poi trasportato adottando precauzioni idonee ad evitare l'alterazione delle caratteristiche del materiale, la variazione della granulometria, la segregazione e la perdita di materiale fine.

Campionamento da cumuli conici o piramidali

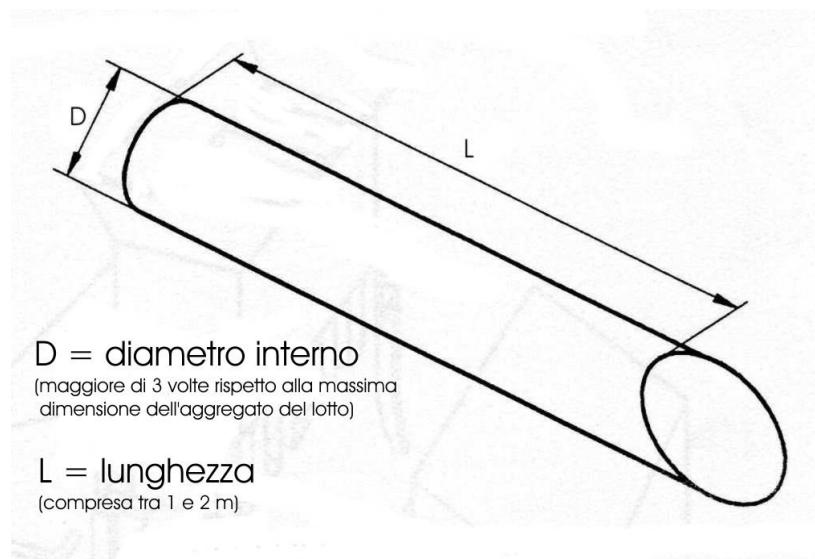
Quando il materiale sia disposto in cumuli costituiti per caduta dall'alto senza particolari accorgimenti, il prelievo dei campioni deve essere eseguito come segue:

- se il materiale si presenta sufficientemente uniforme, con riguardo al colore, alla distribuzione granulometrica, alla composizione o ad altre caratteristiche di immediata evidenza, si preleveranno almeno cinque campioni, ciascuno di massa minima di 50 kg, da parti diverse e a differente quota del cumulo, adottando le accortezze previste dalla Norma UNI EN 932-1 Appendice C Figura 53.1 e Figura 53.2), avendo cura di ottenere la migliore rappresentatività possibile per i differenti tempi di costituzione del cumulo;
- se nello stesso cumulo il materiale presenta evidenti sensibili disuniformità, sia di colore, sia di granulometria, sia per altri caratteri di immediata evidenza, si devono prelevare distinti campioni in

corrispondenza delle notate disuniformità, in numero almeno pari alle zone di diverse caratteristiche e, comunque, non inferiori a sei.



CAMPIONATURA DA CUMULI CONICI



TUBO DI CAMPIONAMENTO

Campionamento da cumuli piatti ed estesi

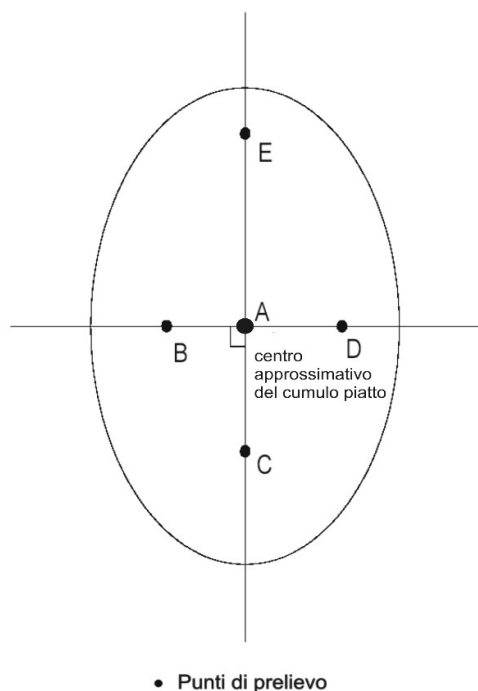
Come già indicato l'accumulo in strati orizzontali è da preferire in quanto contribuisce a prevenire i fenomeni di segregazione che si verificano nei cumuli conici o piramidali. Il cumulo piatto ed esteso, costituente un singolo lotto, deve avere altezza massima di 3.00 m.

Individuato approssimativamente il baricentro della superficie superiore del lotto da saggiare, si eseguono i prelievi, in numero non inferiore a quello indicato nella *Tabella.1* in punti opportunamente prescelti su una spirale avente origine nel baricentro (come esemplificato nella Figura di seguito), in modo da evidenziare eventuali disuniformità.

Ciascun campione, del peso minimo di 50 kg, deve essere rappresentativo del materiale presente in tutto lo spessore del cumulo piatto, per altezze del cumulo non superiori a 3 metri. Qualora il cumulo abbia altezze superiori a 3 metri, in ognuno dei punti di prelievo va prelevato un campione ogni 3 metri o frazione.

TABELLA.1 - CAMPIONATURA DA CUMULI PIATTI

Volume del cumulo piatto (m ³)	< 500	500 ÷ 1000	1000 ÷ 3000
Numero minimo di campioni	3	4	5



$r/R_{\max}$		Numero di prelievi	
		3	4
A	0	X	X
AB	0,55		X
AC	0,85		X
AD	0,72	X	
AE	0,96	X	X

Campionatura da cumuli piatti

Campionamento da lotti omogeneizzati in fase di formazione

Se i lotti vengono disposti in cumuli piatti ed estesi ed omogeneizzati in modo automatico durante la loro formazione, il campionamento può essere effettuato progressivamente e contestualmente alla formazione, purché si adottino sistemi automatici atti a garantire la rappresentatività e la non alterabilità del prelievo. In tale caso il campione globale deve essere suddiviso in parti corrispondenti ad afflussi relativi al massimo a 3 metri di cumulo; ciascuna parte va poi ridotta tramite quartatura al peso minimo di circa 50 kg del campione da sottoporre a prova.

In alternativa possono essere eseguiti prelievi dopo aver terminato la formazione del cumulo, secondo la procedura più idonea tra quelle indicate nei precedenti paragrafi.

Campionamento dai veicoli impiegati per il trasporto

Qualora si renda necessario eseguire il prelievo dei campioni dai veicoli impiegati per il trasporto del materiale, si procede, per ciascun veicolo, secondo la procedura e con le cautele indicate dalla Norma UNI EN 932-1. I singoli campioni, del peso minimo di circa 50 kg devono essere tenuti separati e sottoposti alle prove separatamente.

Riduzione del numero dei prelievi da impianti a prodotto costante

Per un impianto che rispetti tutti i requisiti riportati nel precedente paragrafo, ed in particolare qualora consenta di compensare carenze o eccedenze di frazioni granulometriche, dovute al materiale immesso nel ciclo, mediante la presenza di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente un assortimento granulometrico costante, è consentita la riduzione del numero dei prelievi ai fini della caratterizzazione della sua produzione.

Dopo aver provveduto alla qualificazione dell'impianto di produzione di inerti riciclati, ai fini del mantenimento degli standard qualitativi dell'impianto stesso, debbono essere effettuati controlli dell'impianto ogni 20000 m³ di materiale lavorato e, comunque, almeno una volta ogni 6 mesi, da parte di un Laboratorio specializzato.

Il numero di prelievi e di prove potrà essere dimezzato se per un anno di osservazioni e per un volume sottoposto a test di almeno 3000 m³ al mese per ciascuna delle dichiarate tipologie di impiego, i risultati delle prove di caratterizzazione hanno evidenziato una costanza di risultati conformi alle specifiche.

Qualora l'impianto sia anche dotato di Laboratorio prove interno, i campioni, sempre dopo un anno di positiva e documentata sperimentazione, possono essere preparati in doppia serie a cura del Laboratorio specializzato esterno. La prima serie sarà sottoposta a prove dal Laboratorio interno; della seconda serie il Laboratorio specializzato esterno sottoporrà a prove un campione ogni 10 o frazione.

Tutti i risultati di ciascuna serie di prove eseguite nel Laboratorio interno, completi del Verbale di esecuzione del prelievo, possono essere approvati se, prescelto a caso un campione su 10, i risultati dei due Laboratori non differiscono di più della ripetibilità della singola prova ¹, definita ufficialmente o, in mancanza, determinata nel corso della sperimentazione. In caso di positivo riscontro delle prove nel Laboratorio interno, le medesime avranno piena vigenza per tutto l'anno successivo, mantenendosi la cadenza annuale per i controlli comparativi da parte del Laboratorio esterno specializzato.

Accettazione per l'impiego

Con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni, l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori la documentazione relativa alla qualificazione dei lotti che intende impiegare, completa delle certificazioni relative alle analisi effettuate. I risultati devono essere riportati distintamente per ciascuna prova. Il lotto deve essere infine caratterizzato mediante i valori massimi e minimi ottenuti dalle determinazioni sui relativi campioni (ad esempio valore del coefficiente di abrasione "Los Angeles" secondo la Norma UNI EN 1097-2: 35-42).

La documentazione di qualifica del materiale dovrà essere presentata per ogni lotto che si intende impiegare.

5.2.4 Campo prove per l'impiego dei materiali

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materiali siano del tutto trascurabili (come tali individuati nel Progetto approvato) e salvo diverse disposizioni della Direzione Lavori, l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una

¹La ripetibilità di una prova è lo scarto ammissibile tra i risultati ottenuti da uno stesso operatore.

sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni (grado di addensamento e/o portanza) prescritte.

La sperimentazione in vera grandezza deve riguardare ogni approvvigionamento omogeneo di materiale che si intende utilizzare per la costruzione del corpo stradale.

Un prova preliminare di sperimentazione in vera grandezza deve obbligatoriamente essere predisposta quando l'impiego di materiali riciclati supera complessivamente il volume di 10000 m³; il campo prova deve essere comunque predisposto, anche per volumi inferiori di inerti da riciclo, quando i materiali disponibili presentino caratteristiche fisiche e comportamentali difforni dai requisiti di seguito riportati per ogni specifico impiego, o quando in progetto siano state indicate tipologie di inerti da riciclo differenti da quelle effettivamente reperibili in zona.

L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato: in questo caso dopo la sperimentazione è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili rispetto alle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

La sperimentazione va completata prima di avviare l'esecuzione dei rilevati, per essere di conferma e di riferimento al programma dettagliato dei movimenti di materia e alle modalità delle lavorazioni; in ogni caso, se applicata a materiali diversi deve precedere, per ciascuno di essi, l'inizio del relativo impiego nell'opera. Analogamente la sperimentazione va ripetuta in caso di variazione del parco macchine o delle modalità esecutive.

A titolo orientativo, per quanto attiene alle modalità operative che dovranno essere dettagliate nel progetto presentato dall'Impresa per l'approvazione alla Direzione Lavori, si segnala che:

l'area prescelta per la prova in vera grandezza deve essere perfettamente livellata, compattata e tale da presentare caratteristiche di deformabilità analoghe a quelle dei materiali in esame;

la larghezza della stesa di prova deve risultare almeno pari a tre volte quella del rullo compattatore;

i materiali vanno stesi in strati di spessore costante (o variabile qualora si voglia individuare lo spessore ottimale), provvedendo a compattarli con regolarità ed uniformità e simulando, durante tutte le fasi di lavoro, le modalità esecutive che poi saranno adottate nel corso dei lavori;

per ciascun tipo di materiale e per ogni modalità esecutiva, occorre mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ciascuno di essi vanno eseguite le prove di controllo dopo successive passate (ad esempio, dopo 4, 6, 8, passate).

Il campo prova deve essere controllato mediante la determinazione dei moduli di deformazione M_d e M_d' (CNR B.U. n.146/92); le misure debbono essere effettuate per ogni strato almeno in cinque punti appartenenti ad una porzione omogenea del manufatto, con interessamento in senso trasversale dell'intera piattaforma. Debbono essere, inoltre, misurati i valori della massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n. 22/72), del contenuto

d'acqua (CNR UNI 10008/63) nella porzione di materiale in vicinanza dei punti di misura del modulo di deformazione, nonché gli spessori degli strati finiti. Nel caso di impiego di inerti da riciclo, o di materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili, dovranno inoltre essere determinate le granulometrie dei campioni di materiale già costipato per un confronto con le granulometrie effettuate sugli stessi materiali prima della compattazione.

Le prove con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. n.146/92) consentiranno la determinazione del rapporto M_d'/M_d tra i moduli di deformazione rispettivamente al secondo ed al primo ciclo di carico. Il valore di tale rapporto potrà costituire un elemento di giudizio, da parte della Direzione Lavori, circa la qualità del costipamento ottenuto.

Nei cantieri di grande dimensione e in ogni caso in cui i controlli in corso d'opera vengano effettuati impiegando prove rapide e/o ad alto rendimento che consentono la determinazione del modulo elastico dinamico equivalente " M_{ed} ", le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i valori del grado di addensamento (CNR B.U. n.69/78 e CNR B.U. n.22/72) e/o dei moduli di deformazione M_d e M_d' (CNR B.U. n.146/92) e quelli dei moduli elastici equivalenti " E ".

I risultati delle prove vanno riportati in apposito Verbale redatto dalla Direzione Lavori, che ne trae le conclusioni sull'accettazione dei materiali sperimentati, delle macchine operatrici e sulle modalità di posa in opera.

5.2.5 Piano particolareggiato delle lavorazioni

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti e per le loro singole parti, l'Impresa deve redigere un piano particolareggiato delle lavorazioni, che contenga:

la specificazione della provenienza dei diversi materiali di cui si compone il corpo stradale nelle sue varie parti, corredata da un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di scavo e di costipamento;

le risorse impegnate nelle lavorazioni programmate, (mezzi, mano d'opera, personale e attrezzature del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;

le modalità di posa in opera di ciascun materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:

- spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
 - attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare dei compattatori, ad assicurare le prescritte prestazioni;
 - numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti;
 - le prevalenti condizioni di umidità naturale dei materiali impiegati all'atto della posa in opera, in relazione alle quali sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;
- le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera: umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;

- la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni: piste provvisorie, raccordi alla viabilità di accesso al cantiere di lavoro, piazzali di deposito provvisorio;
- eventuali integrazioni o modifiche del progetto per apertura, coltivazione e recupero ambientale delle cave di prelievo e dei siti di deposito, opere di sostegno provvisorio degli scavi, di drenaggio e di difesa dalle acque;
- le modalità di recupero ambientale, di ricopertura di realizzazione di opere in verde a protezione dei pendii dalle erosioni superficiali.

Ogni proposta di variazione del piano particolareggiato dei lavori che si rendesse utile o necessaria in corso d'opera deve essere motivatamente presentata al Direttore dei Lavori e da questi tempestivamente esaminata.

La suddetta programmazione è anche condizione indispensabile per la gestione del cantiere in regime di controllo di qualità della prestazione, ai sensi delle Norme UNI EN ISO serie 9000.

5.3 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

5.3.1 Materiali sciolti naturali

TABELLA.2 - CLASSIFICAZIONE DEI MATERIALI SCIOLTI NATURALI

Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose							Terre limo-argillose				
	Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $\leq$ 35%							Frazione passante allo staccio 0,075 UNI 2332 $>$ 35%				
Gruppo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Sottogruppo	A 1-a	A 1-b		A 2-4	A 2-5	A 2-6	A 2-7				A 7-5	A 7-6
Analisi granulometrica frazione passante allo staccio:												
2 UNI 2332 %	≤ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	≤ 30	≤ 50	> 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	> 35	> 35	> 35	> 35	> 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332												
Limite liquido	-	-	-	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	≤ 40	> 40	> 40
Indice di plasticità	≤ 6	≤ 6	N.P.	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10	≤ 10	≤ 10	> 10	> 10 (IP $\leq$ LL-30)	> 10 (IP $>$ LL-30)
Indice di gruppo	0		0	0		≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 16	≤ 20	

Tali materiali possono derivare sia dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee in quelle zone in cui il progetto prevede lo sviluppo del solido stradale in trincea, sia dall'estrazione da cave di prestito. Si possono utilizzare per la costruzione di corpi stradali in rilevato, per riempimenti, bonifiche ecc. Qualora risultassero quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili,

potranno essere destinati al deposito in apposite discariche. I materiali sciolti naturali sono qualificati e classificati secondo quanto riportato nella norma CNR-UNI 10006:2002 “Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre”².

L’Impresa, per ogni zona di provenienza, è tenuta a qualificare le terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dai risultati di prove di laboratorio: tale indagine dovrà essere eseguita prima d’impiegare tali materiali

5.3.2 Materiali riciclati

Categorie di aggregati riciclati

I materiali riciclati sono classificati, secondo quanto riportato nella Norma UNI EN 13285/04, nelle seguenti categorie:

Calcestruzzi riciclati

Aggregati costituiti prevalentemente da frammenti di conglomerati cementizi, anche armati, provenienti da demolizioni di opere in cemento armato, dagli scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti anche armati, da traversine ferroviarie e altri manufatti in c.a., aventi la seguente composizione:

Componenti	
Principale	Calcestruzzo frantumato (massa volumica >2,1 Mg/m ³) e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi)
Altri	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica >1,6 Mg/m ³)
	Conglomerati bituminosi frantumati
Contaminanti	Materiali terrosi coesivi
	Materiali organici

Murature riciclate

Aggregati costituiti prevalentemente da elementi in laterizio (mattoni, piastrelle e laterizi in genere) derivanti da demolizioni edilizie di manufatti in muratura, aventi la seguente composizione:

Componenti	
Principale	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica >1,6 Mg/m ³), calcestruzzo frantumato e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi)
Altri	Materiali granulari con massa volumica <1,6 Mg/m ³
	Conglomerati bituminosi frantumati
Contaminanti	Materiali non lapidei e argilla

²Al momento della redazione del presente capitolato speciale d'appalto la norma ISO 14688-2, che dovrebbe sostituire la UNI 10006/2002 per la parte relativa ai materiali naturali, non è ancora stata recepita dalla UNI e, pertanto, per questi materiali, ci si riferisce ancora alla UNI 10006/2002.

	Materiali organici
--	--------------------

Macerie

Aggregati costituiti prevalentemente da miscele dei componenti principali che caratterizzano le categorie di aggregati "calcestruzzi riciclati" e "murature riciclate", aventi la seguente composizione:

Componenti	
Principali	Calcestruzzo frantumato (massa volumica >2,1 Mg/m ³) e materiali litici frantumati (con esclusione di aggregati argillo-scistosi e gessosi)
	Scarti edilizi frantumati di murature, rivestimenti e allettamenti (massa volumica >1,6 Mg/m ³)
Altri	Materiali granulari con massa volumica <1,6 Mg/m ³
	Conglomerati bituminosi frantumati
Contaminanti	Materiali non lapidei e argilla
	Materiali organici

Materiali da demolizioni stradali

Aggregati costituiti prevalentemente da materiali derivanti dalla demolizioni di sottofondi e sovrastrutture stradali, aventi la seguente composizione:

Componenti	
Principali	Materiali per pavimentazioni stradali, incluso calcestruzzo frantumato, aggregati non legati e aggregati legati con leganti idraulici frantumati
	Conglomerati bituminosi frantumati
Contaminanti	Materiali non lapidei e argilla
	Materiali organici

Cenere residua di inceneritore

Aggregati costituiti prevalentemente materiale granulare a componenti minerali, aventi la seguente composizione:

Componenti	
Principale	Materiale granulare con base minerale, inclusi vetro, ceramica, scorie d'altoforno, ecc.
Altri	Ferro e altri metalli
Contaminanti	Materiale non incenerito
	Materiali organici
	Cenere volante di inceneritore

L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei, allo scopo di evitare disuniformità di comportamento dopo la messa in opera.

Composizione delle miscele

La composizione delle miscele contenenti aggregati riciclati deve essere determinata mediante separazione visiva, utilizzando le modalità sperimentali riportate in Appendice A della Norma UNI EN 13285 e deve essere conforme, per ciascuna delle categorie di cui sopra, alla relativa composizione.

I materiali C&D da utilizzare nelle opere previste nel presente Capitolato potranno essere ottenuti impiegando o materiali appartenenti ad una sola delle categorie di cui sopra oppure miscelando in opportune proporzioni materiali appartenenti a categorie diverse con eventuali integrazioni di materiale naturale, nel rispetto dei limiti di composizione di seguito indicati per le varie categorie di lavoro.

Requisiti chimici

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. del D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802/2002).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere $\leq 1\%$. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere $\leq 0,5\%$. Si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, materiali con un contenuto di solfati e solfuri maggiore del limite suddetto purché vengano rispettati i limiti previsti dal citato D.M. del 05/02/98.

5.4 ESECUZIONE DEI LAVORI

5.4.1 Scavi e demolizioni per la formazione del corpo stradale ex novo

Si esaminano in questo paragrafo le lavorazioni per lo smacchiamento generale dei siti d'impianto del corpo stradale, per lo scoticamento, per lo sbancamento e lo scavo a sezione ristretta, con o senza la presenza di falda freatica, per la demolizione di opere murarie e la scomposizione di strati rocciosi.

Gli scavi occorrenti per la formazione del corpo stradale (compresi quelli per la sistemazione del piano di posa dei rilevati e per far luogo alla pavimentazione ed alla bonifica del sottofondo stradale in trincea), nonché quelli per la formazione di cunette, fossati, passaggi, rampe e simili, sono eseguiti secondo le forme e le dimensioni riportate negli elaborati grafici di progetto ed in conformità a quanto eventualmente ordinato per iscritto dalla Direzione dei Lavori.

L'Impresa è tenuta ad adottare ogni cautela ed esattezza nel sagomare i fossi, nel configurare le scarpate ed i piani di fondazione e nel profilare i cigli della strada.

L'Appaltatore è tenuto a consegnare le trincee alle quote e secondo i piani prescritti, con scarpate ben spianate e regolari, con cigli ben tracciati e profilati; lo stesso deve procedere in modo da impedire scoscendimenti e

franamenti, rimanendo obbligato, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, alle necessarie riprese e sistemazioni delle scarpate, nonché allo spurgo dei fossi e delle cunette.

Prima dell'esecuzione delle trincee e dei rilevati, l'Impresa deve provvedere tempestivamente all'apertura di fossi anche provvisori, di eventuali canali fugatori e di quanto altro occorra per assicurare il regolare smaltimento e deflusso delle acque, nonché gli esaurimenti delle stesse, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

Qualora, per la qualità del terreno o per qualsiasi altro motivo, fosse necessario puntellare, sbatacchiare ed armare le pareti degli scavi, l'Impresa deve provvedervi a sua cura e spese, adottando tutte le precauzioni necessarie per impedire smottamenti e franamenti; in ogni caso resta a suo carico il risarcimento per i danni, dovuti a negligenze o errori, subiti da persone e cose o dall'opera medesima.

Nel caso di franamento degli scavi è altresì a carico dell'Impresa procedere alla rimozione dei materiali ed al ripristino del profilo di scavo. Nulla è dovuto per il mancato recupero, parziale o totale, del materiale impiegato per le armature e sbatacchiature.

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni geotecniche e statiche lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e la esecuzione delle opere di scavo e murarie.

Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti e le dimensioni assegnati in progetto, l'Impresa deve ripristinare le previste geometrie, utilizzando materiali idonei.

Smacchiamento

Nell'ambito dei movimenti di terra l'Impresa deve procedere, preliminarmente, al taglio degli alberi, degli arbusti e dei cespugli, nonché all'estirpazione delle ceppaie e delle radici.

I prodotti dello smacchiamento, salvo diversa indicazione specificamente prevista, sono lasciati a disposizione dell'Imprenditore che ha l'obbligo e la responsabilità del loro trasporto, a qualsiasi distanza, in siti appositamente attrezzati per l'incenerimento (osservando le prescritte misure di sicurezza) ovvero in discariche abilitate alla loro ricezione.

Scoticamento

Prima di dar luogo agli scavi l'Impresa deve procedere all'asportazione della coltre di terreno vegetale ricadente nell'area di impronta del solido stradale per lo spessore previsto in progetto o, motivatamente ordinato per iscritto in difformità di questo, all'atto esecutivo, dalla Direzione Lavori. Nei tratti di trincea l'asportazione della terra vegetale deve essere totale, allo scopo di evitare ogni contaminazione del materiale successivamente estratto, se questo deve essere utilizzato per la formazione dei rilevati. Parimenti, l'impresa deve prendere ogni precauzione per evitare la contaminazione con materiale inerte della terra vegetale da utilizzare per le opere a verde, procedendo, nel caso della gradonatura del piano di posa dei rilevati, per fasi successive, come indicato nell'articolo relativo a questa lavorazione.

L'Appaltatore risponde di eventuali trascuratezze nelle suddette lavorazioni che incidano sul piano di movimento di materie assentito: provvede, quindi, a sua cura e spese al deposito in discarica del materiale contaminato ed alla fornitura dei volumi idonei sostitutivi.

La terra vegetale che non venga utilizzata immediatamente deve essere trasportata in idonei luoghi di deposito provvisorio, in vista della sua riutilizzazione per il rivestimento delle scarpate, per la formazione di arginelli e per altre opere di sistemazione a verde (spartitraffico centrale e laterale, isole divisionali, ricoprimento superficiale di cave e discariche, ecc.).

I depositi provvisori di terra vegetale vanno sistemati come descritto di seguito.

Le terre ad alto contenuto organico in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate, devono essere portate immediatamente a rifiuto, onde scongiurare ogni rischio di inquinamento dei materiali destinati alla formazione del corpo del rilevato.

L'asportazione della terra vegetale deve avvenire subito prima dell'esecuzione dei movimenti di terra nel tratto interessato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati, sia per i tratti in rilevato (per evitare rammollimenti e perdite di portanza dei terreni costituenti il piano di posa), sia per i tratti in trincea.

Scavi di sbancamento

Sono denominati di sbancamento gli scavi occorrenti per:

- l'apertura della sede stradale, dei piazzali e delle pertinenze in trincea secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che può dare la Direzione Lavori in sede esecutiva;
- la formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione ed all'eventuale bonifica del sottofondo stradale in trincea;
- la bonifica del piano di posa dei rilevati, ivi compresa la formazione delle gradonature previste in progetto, nel caso di terreni con pendenza generalmente superiore al 15%;
- lo splateamento del terreno per far luogo alla formazione di piani di appoggio, platee di fondazione, vespai, orlature e sottofasce;
- la formazione di rampe incassate, cunette di piattaforma;
- gli allargamenti di trincee, anche per l'inserimento di opere di sostegno, ed i tagli delle scarpate di rilevati esistenti per l'ammorsamento di parti aggiuntive del corpo stradale;
- l'impianto delle opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, muri di sostegno, ecc.) per la parte ricadente al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o di quello degli splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato, considerandosi come terreno naturale anche l'alveo dei torrenti o dei fiumi.

Inoltre, sono considerati scavi di sbancamento anche tutti i tagli a larga sezione agevolmente accessibili, mediante rampa, sia ai mezzi di scavo, sia a quelli di trasporto delle materie, a pieno carico.

In presenza di terreni sensibili all'acqua e ove si adottino procedimenti di estrazione a strati suborizzontali, le superfici di lavoro devono presentare sufficiente pendenza verso l'esterno (generalmente non inferiore al 6%) su tutta la loro larghezza. Ciò, fino a quando non sarà raggiunto il piano di sbancamento definitivo (piano di posa della pavimentazione o piano di imposta della sottofondazione di trincea).

Quest'ultimo deve risultare perfettamente regolare, privo di avvallamenti e ben spianato secondo le pendenze previste nei disegni e nelle sezioni trasversali di progetto. Generalmente, dette pendenze debbono risultare non inferiori al 4%, per permettere un allontanamento delle acque sufficientemente rapido.

I piani di sbancamento debbono essere rullati alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente, in caso di minaccia di pioggia.

Scavi a sezione ristretta

Per scavi a sezione ristretta si intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali o subverticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo. Questo piano è fissato (da progetto o, in difformità, su motivato parere della Direzione Lavori) per l'intera area o per più parti in cui questa può essere suddivisa, in relazione all'accidentalità del terreno ed alle quote dei piani finiti di fondazione.

Qualunque sia la loro natura, detti scavi debbono essere spinti, su motivato ordine scritto della Direzione Lavori, a profondità maggiori di quanto previsto in progetto, fino al rinvenimento del terreno dalla capacità portante ritenuta idonea. L'eventuale approfondimento non fornisce all'Appaltatore motivo alcuno per eccezioni e domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento (a misura) del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

Il fondo degli scavi deve risultare perfettamente piano o disposto a gradoni, secondo i profili di progetto o secondo quanto ordinato dalla Direzione Lavori.

In ogni caso, devono essere presi provvedimenti per evitare ristagni d'acqua sull'impronta delle fondazioni delle opere d'arte, come pure convogliamenti ed immissioni di acque superficiali di ruscellamento all'interno degli scavi aperti.

Le pareti degli scavi, come già detto, sono di norma verticali o subverticali; l'Impresa, occorrendo, deve sostenerle con idonee armature e sbatacchiature, rimanendo responsabile per ogni danno a persone e cose che possa verificarsi per smottamenti delle pareti e franamenti dei cavi.

Ove ragioni speciali non lo vietino, gli scavi possono essere eseguiti anche con pareti a scarpa, con pendenza minore di quella prevista nei disegni di progetto; in tal caso, nulla è dovuto per i maggiori volumi di scavo e riempimento eseguiti di conseguenza.

L'Impresa deve provvedere al riempimento dei vuoti residui degli scavi di fondazione intorno alle murature ed ai getti, fino alla quota prevista, con materiale idoneo adeguatamente costipato con mezzi che non arrechino danno alle strutture realizzate.

Per gli scavi di fondazione si applicano le norme previste dal D.M. 11/3/1988 e ss. mm.

Resta comunque inteso che, nell'esecuzione di tutti gli scavi, l'Impresa deve provvedere, di sua iniziativa ed a sua cura e spese, ad assicurare e regolamentare il deflusso delle acque scorrenti sulla superficie del terreno, allo scopo di evitare il loro riversamento negli scavi aperti.

L'Impresa deve eliminare ogni impedimento e ogni causa di rigurgito che si opponesse al regolare deflusso delle acque, ricorrendo eventualmente all'apertura di canali fuggatori.

Scavi subacquei

Gli scavi a sezione ristretta sono considerati subacquei, solo se eseguiti a profondità maggiore di 20 cm sotto il livello a cui si stabilizzano le acque eventualmente esistenti nel terreno.

Sono eseguiti con mezzi idonei all'operatività sotto battente d'acqua ovvero previo sollevamento meccanico e smaltimento delle portate.

L'allontanamento dell'acqua deve essere eseguito con i mezzi più opportuni per mantenere costantemente asciutto il fondo dello scavo; tali mezzi debbono essere sempre in perfetta efficienza, nel numero e con le portate e le prevalenze necessarie e sufficienti per garantire la continuità del prosciugamento.

Demolizioni

L'Impresa è tenuta a demolire murature e fabbricati ricadenti nelle aree d'impronta del solido stradale con i mezzi che ritiene più opportuni, incluso l'impiego di esplosivi nel rispetto delle Norme vigenti. Nei tratti in trincea la demolizione delle opere murarie deve essere spinta fino ad un metro al di sotto del piano di posa della pavimentazione stradale; nei tratti in rilevato fino a raso campagna o del profilo naturale del terreno.

In ogni caso, prima di procedere alla demolizione di fabbricati, l'Impresa è tenuta a darne tempestiva comunicazione alla Direzione Lavori.

I materiali provenienti dalle demolizioni sono portati a rifiuto solo se ciò è previsto in progetto, ovvero se ritenuti non idonei all'impiego da parte della Direzione Lavori. In caso di idoneità sono conferiti agli impianti di trattamento.

Nel caso che i materiali di scavo siano destinati al reimpiego, essi devono essere trasportati direttamente in opera o in aree di deposito; in questo caso devono essere custoditi opportunamente, eventualmente trattati per correggerne la granulometria, in relazione alla destinazione prevista, successivamente ripresi e trasportati nelle zone di impiego.

Scavi in roccia

Gli scavi in roccia di qualsiasi natura e consistenza, comunque fessurata o stratificata, e le demolizioni dei manufatti sono eseguiti con i mezzi che l'Appaltatore ritiene più convenienti, ivi compreso l'uso di mine.

Nell'impiego di esplosivo l'Impresa deve curare che la scarpata risultante non presenti fratture né dislocazioni di masse: qualora si accertasse la presenza di tali indesiderati fenomeni, prodotti dalla tecnica di scavo, l'Impresa deve provvedere a sue spese a disaggi, sarciture e/o bloccaggi, secondo un programma concordato con la Direzione Lavori.

Lo sparo di mine effettuato in vicinanza di strade, di ferrovie, di luoghi abitati, di impianti a rete di ogni genere, deve essere attuato con opportune cautele, in modo da evitare, sia la proiezione a distanza del materiale ed il danneggiamento delle proprietà limitrofe, sia effetti vibrazionali nocivi, che debbono essere tenuti sotto controllo mediante monitoraggio.

Reimpiego dei materiali di scavo

Nel reimpiego dei materiali provenienti dagli scavi l'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni particolari per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, come piano dettagliato delle lavorazioni.

L'Appaltatore deve eseguire le operazioni di scavo, trasporto e posa in opera con mezzi adeguati e con sufficiente manodopera, coordinando la successione delle fasi e l'esecuzione delle varie categorie di lavoro. Lo stesso rimane libero di adottare macchine ed impianti ritenuti di sua convenienza, purché rispondenti allo scopo e non pregiudizievoli per la buona riuscita dei lavori.

5.4.2 Demolizione delle sovrastrutture esistenti

Demolizione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzata con frese

La demolizione della parte della sovrastruttura esistente legata a bitume, per l'intero spessore o parte di esso, deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico di materiale fresato; potranno essere impiegate fresatrici a sistema misto (con preriscaldamento leggero), purché non compromettano il legante esistente nella pavimentazione da demolire e non producano emissioni inquinanti.

Tutte le attrezzature devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Committente; devono inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di fresatura risulti (secondo un insindacabile giudizio della D.L.) idoneo per il riutilizzo. La superficie dello strato restante in opera dopo la fresatura (nel caso di demolizioni parziali del pacchetto) deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati, polveri o altri materiali, che possono compromettere l'aderenza dei nuovi strati da porre in opera.

L'Impresa si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti in progetto o dalla D.L.. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di fresatura; senza questo parere le fresature verranno compensate con i centimetri di spessore indicati in progetto o negli ordinativi di lavoro; in ogni caso il rilievo dei nuovi spessori deve essere effettuato in contraddittorio.

Lo spessore della demolizione deve essere mantenuto costante in tutti i punti e deve essere valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali più quella della parte centrale dello strato fresato.

La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla D.L. munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano perfettamente pulito e depolverizzato.

Se la demolizione dello strato legato a bitume interessa uno spessore inferiore ai 15 cm, potrà essere fatta con un solo passaggio di fresa, mentre per spessori superiori a 15 cm si devono fare due passaggi, di cui il primo pari ad 1/3 dello spessore totale, avendo cura di formare un gradino tra il primo ed il secondo strato demolito di almeno 10 cm di base per lato. Le pareti dei giunti longitudinali devono essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature.

Prima della posa in opera dei nuovi strati di riempimento, la superficie risultante dalla fresatura e le pareti del cavo devono essere perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano d'attacco di legante bituminoso prevista in progetto o indicata dalla D.L..

Demolizione dell'intera sovrastruttura realizzata con sistemi tradizionali

La demolizione dell'intera sovrastruttura legata a bitume può anche essere eseguita con impiego d'attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio. Le pareti laterali dello scavo devono essere perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire devono essere riparati a cura e spese dell'Impresa. L'Impresa è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di posa della pavimentazione demolita se su di esso vanno ricostruiti strati legati.

Reimpiego dei conglomerati bituminosi riciclati

I conglomerati bituminosi riciclati dalle pavimentazioni, per brevità chiamati nel seguito "fresati" sono materiali provenienti da fresature dirette, a freddo o a caldo, o da demolizioni a blocchi di pavimentazioni preesistenti, sottoposte a successiva frantumazione. Essi possono essere utilizzati o nei conglomerati bituminosi, con o senza altri materiali vergini oppure per la costruzione di rilevati seguendo le specifiche del caso riportate per i materiali riciclati. L'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori.

Se il fresato non è utilizzato in cantiere per il confezionamento in sito di conglomerati bituminosi, esso deve essere "messo in riserva" e il suo impiego definitivo deve rispondere a quanto prescritto dal decreto legislativo del 5 febbraio 1998. 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 del 5 febbraio 1998. I materiali risultanti positivi o vengono inertizzati prima dell'uso (per lavaggio o per rivestimento con calce) o devono essere inviati a discarica autorizzata.

Il fresato posto in riserva deve essere accuratamente stoccato in cumuli separati dagli altri inerti. La durata della messa a riserva provvisoria non deve mai superare un anno, ed il suo utilizzo al di fuori dei conglomerati bituminosi deve essere accompagnato da un progetto da presentare con la richiesta di sistemazione definitiva.

5.4.3 Piano di posa dei rilevati

Preparazione del terreno di sedime

L'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale immediatamente prima della costruzione del rilevato, facendo in modo che il piano di imposta risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno di acque piovane. Durante i lavori di scoticamento si deve evitare che i mezzi possano rimaneggiare i terreni di impianto.

Qualora i rilevati debbano poggiare su declivi con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità del progetto, il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, una volta ultimata l'asportazione del terreno vegetale e fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si debba procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa dei rilevati con superfici di appoggio eventualmente in leggera pendenza. Per garantire la continuità spaziale delle gradonature si deve

curare che le alzate verticali si corrispondano e che mantengano costante la loro distanza dall'asse stradale. Inoltre, esse devono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine utilizzate per lo scavo.

Là dove siano presenti allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale verrà steso il nuovo materiale, deve essere ritagliato a gradoni orizzontali, avendo cura di procedere per fasi, in maniera tale da far seguire ad ogni gradone (di alzata non superiore a 50 cm) la stesa ed il costipamento del corrispondente strato di ampliamento di pari altezza.

Prima di eseguire l'operazione di gradonatura si deve rimuovere lo strato di terreno vegetale; inoltre tale operazione deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, al fine di evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La Direzione dei lavori, previa ispezione e controllo, potrà approvare la regolarità del piano di posa dei rilevati, oppure, nell'ambito della discrezionalità consentita, potrà richiedere l'approfondimento degli scavi di sbancamento per bonificare eventuali strati di materiali torbosi o coesivi (di portanza insufficiente o suscettibili di futuri cedimenti), o anche per asportare strati di terreno rimaneggiati o rammolliti per inadeguata organizzazione dei lavori e negligenza da parte dell'Impresa.

Terreni cedevoli

Qualora siano prevedibili cedimenti dei piani di posa dei rilevati superiori a 15 cm, l'Impresa deve prevedere nel piano dettagliato un programma per il loro controllo ed il monitoraggio della loro evoluzione nel tempo. La posa in opera delle apparecchiature necessarie (piastre assestometriche) e le misurazioni dei cedimenti sono eseguite a cura dell'Impresa, secondo le indicazioni della Direzione dei lavori.

La costruzione del rilevato deve essere programmata in maniera tale che il cedimento residuo ancora da scontare, al termine della sua costruzione, risulti inferiore al 10% del cedimento totale stimato e comunque minore di 5 cm.

L'Impresa è tenuta a reintegrare i maggiori volumi di rilevato per il raggiungimento delle quote di progetto, ad avvenuto esaurimento dei cedimenti, senza per ciò chiedere compensi aggiuntivi.

Requisiti di portanza

Se non sono presenti diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione M_d , determinato sul piano di posa del rilevato (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra $0,05 \div 0,15 \text{ N/mm}^2$, deve risultare non inferiore a:

15 N/mm^2 (valore minimo per consentire il corretto costipamento degli strati soprastanti), quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è maggiore di 2,00 m;

20 N/mm^2 , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione è compresa tra 1,00 e 2,00 m;

30 N/mm^2 , quando la distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della sovrastruttura è compresa tra 0,50 e 1,00 m

per distanze inferiori a 0,50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi di cui al paragrafo 53.4.8.

Le caratteristiche di portanza del piano di posa del rilevato devono essere accertate in condizioni di umidità rappresentative delle situazioni climatiche e idrogeologiche più sfavorevoli, di lungo termine, con la frequenza stabilita dalla Direzione Lavori in relazione all'importanza dell'opera, all'omogeneità del terreno di posa e, comunque, in misura non inferiore ad una prova ogni 5000 m² con un numero minimo di almeno tre prove. La determinazione del modulo di deformazione per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.), viene effettuata in condizioni sature.

Bonifiche

Se la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono di raggiungere, con il solo costipamento, i valori di portanza richiesti al precedente paragrafo, può essere introdotto, nel programma dettagliato delle lavorazioni, l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con idonei materiali di apporto. In alternativa, si può adottare un adeguato trattamento di stabilizzazione (paragrafo 53.4.6). L'opportunità di realizzare questo tipo di lavorazione sarà valutata sulla base di un'analisi geotecnica del problema, che ne dimostri la necessità. Qualora si rendesse necessaria la realizzazione di tale strato è indispensabile definire, sempre mediante una analisi geotecnica, le caratteristiche dimensionali dell'intervento (spessore ed estensione). L'idoneità dei materiali da impiegare per la realizzazione di strati di bonifica dei piani di appoggio dei rilevati sarà valutata sulla base dei requisiti richiesti ai materiali da impiegare nella formazione del corpo dei rilevati nel caso in cui gli strati di bonifica si trovino a distanza superiore a 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione. Se gli strati di bonifica si trovano a distanza inferiore ad 1,00 m dal piano di posa della sovrastruttura, i materiali dovranno essere conformi a quanto previsto per i sottofondi. I requisiti di portanza sono quelli riportati nel precedente paragrafo.

Strati anticapillari

Si definiscono strati anticapillari quegli strati di rilevato costituiti da materiali granulari ad alta permeabilità eventualmente protetti da geotessili con funzione anticontaminante.

Strati in materiale granulare

Gli strati anticapillari in materiale granulare, con spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, possono essere costituiti da terre granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaino) o da materiali frantumati o riciclati con granulometria compresa tra 2 e 50 mm, con passante allo staccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante allo staccio 0,063 mm non superiore al 3%.

Nel materiale devono essere del tutto assenti componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e resti vegetali. Salvo maggiori e più restrittive verifiche, il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno una prova ogni 1000 m³ di materiale posto in opera, con un numero minimo di tre prove. Non sono ammessi scostamenti dei valori dei passanti ai setacci rispetto a quelli previsti.

Geotessili

Sul piano di appoggio del rilevato, in associazione allo strato granulare anticapillare, può essere posto uno strato di geotessile.

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotrope, ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura, salvo che per processi di finitura del prodotto. I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

Essi devono presentare superficie scabra, devono essere imputrescibili, atossici, resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore), ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Devono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. La *Tabella.3* riporta i requisiti minimi cui deve rispondere il materiale, il cui peso è previsto in progetto per l'impiego specifico.

Il campionamento deve essere eseguito, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la UNI 8279 – 1:1985 + A1:1991.

I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere effettuate presso laboratori di fiducia dell'Amministrazione, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, successivamente su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

TABELLA.3 – REQUISITI DEL GEOTESSILE

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Peso	EN 965	g/m^2	Secondo Progetto
Resistenza a trazione	EN ISO10319	kN/m	≥ 20
Allungamento		%	≤ 70
Punzonamento (CBR)	EN ISO 12236	kN	≥ 3
Permeabilità radiale all'acqua	EN ISO 11058	mm/s	$\geq 0,8$
Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile.	EN ISO 12956	μm	< 100

Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

Il piano di stesa del geotessile deve risultare perfettamente regolare, la giunzione dei teli deve essere realizzata mediante sovrapposizione per almeno 30 cm, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale.

Inoltre, i teli non devono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

5.4.4 Corpo del rilevato

Materiali costituenti

Materiali sciolti naturali

Per la formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi devono essere utilizzati, nel piano particolareggiato delle lavorazioni, in ordine di priorità, i materiali sciolti appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3, A2-6 ed A2-7.

Con le dovute cautele specificate nel seguito, si dovrà valutare se adoperare le terre appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆, se prevederne un trattamento o se portarle a rifiuto.

Se a causa dell'umidità delle terre scavate non si riesce a conseguire il costipamento necessario a raggiungere l'addensamento e la portanza richiesti dalle presenti norme tecniche, l'Impresa è tenuta a mettere in atto i provvedimenti correttivi per modificare in senso conveniente il contenuto d'acqua naturale e/o, a seconda dei casi, a migliorarle mediante stabilizzazione. I materiali impiegati devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo, qualunque sia il proprio gruppo di appartenenza. Le terre che presentano un contenuto di sostanza organica di origine vegetale minore del 5% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

Materiali riciclati

Per il presente articolo e per tutte le lavorazioni con materiali riciclati, per tutto quanto non esposto nel presente Capitolato, si farà riferimento al Capitolato Speciale di Appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione della Regione Toscana (approvato con D.G.R.T. n. 337 del 15/05/2006).

Le miscele di materiali riciclati provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, devono rispettare i requisiti nel caso di aggregati da costruzione e demolizione se si tratta di inerti provenienti prevalentemente da scarti di attività industriali. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre, per ogni lotto di materiale, la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato.

TABELLA .4 - AGGREGATI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE PER IL CORPO DEI RILEVATI

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Calcestruzzo, mattoni e laterizi, intonaci materiali litici, malte, ceramica	UNI EN 13285 Appendice A	> 70% in massa
Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 25% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,3% in massa
Altri materiali (metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.)	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,6% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	≤ 6%
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	> 85% in massa
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 25% in massa
Dimensione massima D_{max}	Misura diretta	140 mm
Trattenuto setaccio 63 mm	Frantumazione	Assenza di vuoti interni

TABELLA .5 - SCARTI INDUSTRIALI PER IL CORPO DEI RILEVATI

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	> 70% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 20% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 1% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	≤ 4%
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	> 85% in massa
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 25% in massa
Dimensione massima D_{max}	UNI EN 933-1	140 mm

Posa in opera

Il materiale deve essere steso con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte ad evitare segregazione e brusche variazioni sia granulometriche che del contenuto d'acqua.

Al fine di evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi in seguito riportato dai mezzi di stesa.

I materiali costituenti i differenti strati del rilevato devono presentare una granulometria il più omogenea possibile. Si deve evitare, in particolare, di porre in contatto strati di materiale a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), con strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possono penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato. In ogni caso, il materiale non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 140 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati al sito o all'impianto di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato, riportate nel piano particolareggiato delle lavorazioni. Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore; salvo diverse indicazioni che possono provenire dalla sperimentazione su campo prova, lo spessore finito dello strato, costipato mediante rullatura, non dovrà essere superiore a 30 cm. Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima degli elementi lapidei presenti nel materiale impiegato ($s \geq 2D_{max}$).

La superficie degli strati, a compattazione avvenuta, deve avere una pendenza trasversale pari a circa il 4% e, comunque, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche e deve essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza deve essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo livellatrici o macchine equivalenti.

L'utilizzo di materiali da riciclo per la realizzazione del corpo dei rilevati è consentito purché interessi tutta l'impronta del rilevato stesso. Non sono ammesse alternanze di strati di materiali da riciclo e di terre, anche se appartenenti ad uno dei gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 della classificazione di cui alla Norma UNI 10006/2002. Il rilevato, quindi, deve essere costituito al massimo da due fasce di materiale differenti (riciclato e non) in senso verticale; in senso orizzontale, invece, deve essere comunque garantita l'omogeneità dei materiali utilizzati.

Il piano particolareggiato delle lavorazioni indicherà i siti di impiego dei materiali riciclati confinandoli preferibilmente tra opere quali tombini, attraversamenti, opere d'arte ecc., onde evitare che, al contatto con materiali di caratteristiche differenti, si formino giunti o superficie di discontinuità. Potrà altresì prevedere la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando gli inerti da riciclo esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando terre tradizionali (appartenenti ad uno dei gruppi prima citati) per le fasce laterali. In tal caso i terreni di contronucleo vanno posti in strati di spessore pari a quelli realizzati con le materie da riciclo.

Compattazione

L'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di massa volumica, di portanza e prestazionali richiesti per gli strati finiti, nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori. Per il migliore rendimento energetico dei mezzi

di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea (rulli lisci statici, rulli lisci vibranti, rulli gommati, rulli a piedi costipanti) ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHTO Mod. (CNR B.U. n.69/78). L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata, per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare, secondo le modalità previste nel piano particolareggiato delle lavorazioni.

Quando, in relazione all'entità ed alla plasticità della frazione fine, l'umidità supera del 15-20% il valore ottimale, l'Impresa deve mettere in atto i provvedimenti necessari a ridurla (favorendo l'evapotraspirazione) per evitare rischi di instabilità meccanica e cadute di portanza che possono generarsi negli strati a seguito di compattazione ad elevata energia di materiali a gradi di saturazione elevati (generalmente maggiori del 85-90%, secondo il tenore in fino e la plasticità del terreno). In condizioni climatiche sfavorevoli è indispensabile desistere dall'utilizzo immediato di tali materiali.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi devono rispettare le condizioni stabilite nel suddetto programma. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

Una volta realizzata l'opera, le scarpate devono essere riprofilate, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto, al fine di garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato.

I controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di massa volumica e di portanza, devono soddisfare i requisiti indicati nel successivo punto 53.5, salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto. Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

Protezione

La sistematica e tempestiva protezione delle scarpate deve essere garantita mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore che andrà sistemato a strisce orizzontali e sarà opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammorsatura si devono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

Si dovrà ripetere la semina fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

L'Impresa dovrà provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese, qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta. Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Impresa è tenuta ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Per tale scopo, le superfici, ben livellate e compattate, devono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Qualora nei rilevati si dovessero verificare dei cedimenti differenziali dovuti a carenze costruttive, l'Impresa è obbligata ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di rilevato già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre, lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati. E' prudente, in questo caso, ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

5.4.5 Stabilizzazione delle terre con calce o con calce e cemento

Il processo di stabilizzazione consiste nel miscelare intimamente le terre argillose con calce di apporto, in quantità tale da modificarne le caratteristiche fisico-chimiche (granulometria, suscettività all'acqua, umidità) e meccaniche, così da renderle idonee per la formazione di strati che dopo il costipamento presentino adeguata resistenza meccanica e stabilità all'azione dell'acqua ed eventualmente del gelo.

Caratteristiche delle terre da stabilizzare

La stabilizzazione si esegue sulle terre che presentano le seguenti caratteristiche:

Granulometria: la terra da stabilizzare può presentare qualsiasi granulometria, a condizione che si dimostri l'idoneità del processo di stabilizzazione attraverso uno studio delle miscele in laboratorio ed eventualmente in campo prova.

Indice di plasticità: tale parametro, determinato secondo la norma CNR-UNI 10014:1964, deve risultare compreso tra 10 e 35. E' ammesso un valore minore della plasticità (ma in nessun caso inferiore a 5) a condizione che si dimostri l'idoneità del processo di stabilizzazione attraverso uno studio preliminare di laboratorio.

Contenuto di sostanze organiche: il tenore in materie organiche del terreno, determinato mediante ossidazione con bicromato di potassio (AFNOR NF 94-055), deve essere inferiore al 2% in massa. Questo limite può essere superato, fino al valore del 4% in caso di trattamento dei terreni in situ per la sistemazione del piano di posa dei rilevati, purché sia dimostrato il raggiungimento dei requisiti di resistenza richiesti.

Contenuto di solfati: il contenuto totale di sali di zolfo (solfati e solfuri), determinato secondo la norma UNI 8520 parte 11, deve essere inferiore allo 0.25%; si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, terre con un contenuto di solfati compreso tra 0.25% e 1%, mentre in nessun caso, possono essere ritenuti idonei per la stabilizzazione con calce terre con un contenuto di solfati totali superiore all'1%.

Determinazione del consumo iniziale di calce: il consumo immediato di calce, ovvero la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce in relazione alla capacità di scambio cationico dei materiali argillosi, determinato secondo la norma ASTM C977-92, deve essere maggiore dell'2.5%.

Contenuto di nitrati: il contenuto di nitrati deve risultare inferiore allo 0.1%

Il terreno, comunque, deve presentarsi privo di humus e radici, nonché libero da corpi estranei ed elementi lapidei di grossa pezzatura.

Leganti

Calce

I tipi di calce da impiegare sono:

calce aerea idrata in polvere, sfusa o in sacchi;

calce aerea viva macinata sfusa, o in sacchi.

Si precisa che l'impiego di calce idrata e/o viva confezionata in sacchi, è tollerato solo eccezionalmente per piccoli cantieri, dove l'intervento complessivo di trattamento interessi una superficie inferiore a 2.000 m² o un volume di terra da trattare inferiore a 1000 m³.

Nei casi in cui i valori di umidità siano sensibilmente più elevati di quelli ottimali per il costipamento, è preferibile utilizzare la calce viva macinata, grazie al suo effetto essiccante. Entrambi i tipi di calce devono rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. 2231/39; essi, inoltre, devono avere le caratteristiche chimiche (UNI-EN 459-2/96) e le caratteristiche granulometriche.

Cemento

Nel caso di stabilizzazione mista con calce e cemento possono impiegarsi cementi Portland o pozzolanici del tipo 32.5.

Acqua

L'eventuale acqua di apporto deve risultare priva di impurità e di materie organiche.

TABELLA.6 - CARATTERISTICHE CHIMICHE E GRANULOMETRICHE DELLA CALCE

Requisito	calce viva	calce idrata
CO ₂	≤ 5%	-
Titolo in ossidi liberi (CaO + MgO)*	≥ 84%	-
Tenore in MgO	≤ 10%	≤ 8%
Titolo in idrati totali	-	> 85%
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + S ₀₃	≤ 5%	≤ 5%
Umidità	-	≤ 2%
Acqua legata chimicamente	≤ 2%	-
Reattività all'acqua	> 60° entro 25'	-
Passante allo staccio 2 mm	100%	100%
Passante allo staccio 0.2 mm	≥ 90%	-
Passante allo staccio 0.075mm	≥ 50%	≥ 90%
* La determinazione del titolo in ossidi liberi espresso come CaO deve essere effettuata secondo la formula $(100 - I - 2.27 \cdot \frac{CO_2}{100} - X)$ dove: I è la percentuale di impurezze ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 + S_03$), X è la percentuale di acqua legata chimicamente.		

Progetto delle miscele

Nell'ambito del piano particolareggiato delle lavorazioni, è compito dell'Impresa:

- produrre uno studio di verifica delle miscele che tenga conto delle condizioni operative di cantiere e dei leganti effettivamente adottati;
- realizzare, per ogni famiglia di terreno che si intende trattare e per ciascun dosaggio una sperimentazione di campo, per verificare l'idoneità dei mezzi di spandimento, di miscelazione e di costipamento.

Una volta accettati dalla Direzione dei Lavori i mezzi e le modalità di lavorazione, i risultati acquisiti in campo prova sono utilizzati come riferimento per i controlli di esecuzione e, in particolare, per il controllo del costipamento e del dosaggio in calce, mediante ph-metria.

Il progetto delle miscele comprende prove di carattere generale riguardanti l'identificazione dei terreni e dei leganti di apporto e prove specifiche dipendenti dall'obiettivo del trattamento per la determinazione delle formule di dosaggio.

Le prove di carattere generale riguardano, in particolare:

- per i terreni: la determinazione della granulometria, dei limiti di consistenza, del contenuto di acqua naturale, dell'eventuale presenza di sostanze organiche nonché della natura mineralogica;
- per i leganti: l'accertamento dei requisiti per essi richiesti (per le calce essenzialmente la granulometria ed il tenore in calce libera). I leganti devono provenire, per quanto possibile, dagli stessi impianti di quelli che si prevede di utilizzare in corso d'opera.

Utilizzazione in rilevato

In questo caso, le prove specifiche di dosaggio sono riferite alle proprietà che assicurino buone condizioni di posa in opera per le miscele: lavorabilità, compattabilità e sufficiente portanza immediatamente dopo costipamento, al fine di ottenere un supporto di rigidità conveniente nella costruzione degli strati successivi. Per esaminare la lavorabilità si deve eseguire lo studio delle variazioni dei limiti di consistenza in funzione del dosaggio in calce. Per soddisfare questo requisito occorre che il dosaggio in calce sia non inferiore a quello minimo, aumentando il quale non si hanno significative variazioni del limite di plasticità delle miscele.

Per quanto riguarda la portanza, occorre ottenere sulle miscele un indice CBR immediato³ maggiore di:

- CBR = 10, per la stabilizzazione di terreni costituenti il piano d'appoggio del rilevato;
- CBR = 15, per gli strati di rilevato.

I dosaggi così determinati possono essere aumentati per tenere conto delle alee costruttive (spandimento, miscelazione, attese prima del costipamento), o per ridurre più energicamente il tenore in acqua del terreno in presenza di umidità naturali elevate.

³Indice CBR determinato subito dopo il confezionamento dei provini, senza preventiva immersione in acqua, compattando le miscele ad energia pari alla AASHTO modificata ed un umidità prossima a quella ottima individuata con la norma CNR 69.

Utilizzazione in strati di sottofondo

Oltre ai requisiti richiesti per l'impiego in rilevato, in questo caso si deve tenere conto anche delle sollecitazioni trasmesse dalla pavimentazione durante l'esercizio e delle azioni dell'acqua e del gelo.

Le miscele, compattate come descritto nella nota 4, devono presentare un indice di portanza CBR, dopo immersione di 4 giorni in acqua, maggiore di 25, al fine di garantire la necessaria portanza a breve termine,

La tenuta all'imbibizione va valutata, invece, rapportando la resistenza allo schiacciamento dopo 28 giorni di provini cilindrici che nell'ultima parte del periodo di maturazione sono immersi per 7 giorni in acqua ($R(x+7i)$) rispetto a quella di provini di pari età maturati per tutto il periodo di stagionatura in condizioni protette ($R(x+7)$).

La resistenza all'azione dell'acqua può giudicarsi acquisita allorché detto rapporto risulta:

Per valutare la resistenza al gelo, dopo un periodo di maturazione in condizioni protette, in modo tale che il campione non perda umidità, i provini vengono immersi un giorno in acqua a 20°C e, successivamente, sottoposti a 13 cicli di gelo-disgelo (16 ore di gelo a -5°C, 8 ore di disgelo a +20°C).

La resistenza all'azione del gelo è ritenuta soddisfacente, se risulta:

Modalità di esecuzione dei lavori

È preferibile che i processi di fabbricazione delle miscele si svolgano nei luoghi di estrazione (scavi di trincea o cave di prestito). Il trattamento nei luoghi d'impiego non presenta particolari problemi per lo strato destinato a rimanere direttamente a contatto con il terreno naturale (strato inferiore delle bonifiche dei piani di appoggio dei rilevati e dei sottofondi di trincea), mentre, nella formazione di rilevati, bisogna curare attentamente che l'intero spessore sia stato interessato dal processo di stabilizzazione.

In genere, il trattamento prevede le seguenti fasi operative:

- scasso del terreno con appositi aratri o scarificatrici, per tutto lo spessore da trattare (generalmente non superiore a 30 cm);
- frantumazione delle zolle con erpici a disco oppure con frese (pulvimixer), per rendere la superficie sufficientemente regolare, prima dello spandimento della calce;
- eventuale apporto d'acqua, qualora fosse necessario aumentare l'umidità della terra;
- spandimento del legante in polvere mediante adatte macchine spanditrici. Tale operazione deve essere effettuata esclusivamente su quella porzione di terreno che si prevede di trattare entro la giornata lavorativa. Fino a quando la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante non sia stata completamente miscelata, potrà essere attraversata solo dai mezzi adibiti alla miscelazione. Le spanditrici devono essere munite di un sistema di dosaggio asservito alla velocità di avanzamento: il quantitativo di calce, necessario al trattamento dell'intero strato, deve essere distribuito in maniera uniforme sulla superficie, prevedendo che ad ogni passaggio della spanditrice non debba essere distribuito più del 2% in peso rispetto alla massa di terra da trattare;

- miscelazione della terra con macchine ad albero orizzontale rotante (pulvimixer), o con erpici a dischi, che permettano una miscelazione omogenea del legante e del terreno sullo spessore considerato.

Dalla natura del terreno trattato e dal suo grado di umidità dipenderà il numero di passate. Si deve garantire un sufficiente sbriciolamento della terra, fino ad ottenere una colorazione uniforme ed una dimensione massima delle zolle non superiore a 40 mm per le bonifiche dei piani di appoggio dei rilevati, di 30 mm per gli strati di rilevato e di 20 mm per gli strati di sottofondo. Nel caso di miscele per strati di rilevato si deve, inoltre, verificare che l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, risulti passante al staccio con apertura di 5 mm.

La compattazione del materiale trattato deve essere eseguita evitando attese eccessive che portano ad un decadimento delle prestazioni meccaniche a medio e lungo termine delle miscele. Pertanto, l'Impresa non dovrà porre in essere, nell'organizzazione dei lavori, attese superiori alle sei ore tra l'ultimazione della miscelazione e l'avvio del costipamento. Le miscele che abbiano subito attese prolungate devono essere allontanate a cura e spese dell'Impresa.

Per gli strati di sottofondo la stesa del materiale deve essere effettuata soltanto mediante motolivellatrici.

Per la compattazione si devono utilizzare rulli a piedi costipanti o rulli gommati. Il costipamento deve essere spinto fino ad ottenere per il grado di addensamento i livelli indicati in progetto.

Le operazioni di trattamento e di posa in opera della terra stabilizzata devono essere effettuate in condizioni meteorologiche tali da evitare rapide variazioni del contenuto di acqua del terreno naturale e delle miscele terra calce. Le operazioni vanno sospese se la temperatura ambiente scende sotto i 7 °C.

Controlli di esecuzione

Il controllo in corso d'opera del dosaggio in calce viene eseguito sia valutando la quantità in peso di legante raccolta entro teli di superficie nota, stesi sull'area da trattare, sia verificando lo spessore dello strato interessato dal trattamento mediante aste metalliche. La verifica del dosaggio deve essere effettuata per ciascuno strato nella misura di una presa per ogni 1000 m³ di miscela.

La dimensione massima della zolle e la bontà della miscelazione vengono valutate mediante staccatura a secco, mentre l'omogenea ripartizione del legante nella massa trattata viene valutata mediante l'esame della colorazione delle miscele ed, eventualmente, mediante misure di pH su campioni prelevati nella massa dello strato a differenti profondità.

Le misure di pH per il controllo del dosaggio in calce sono effettuate con frequenza di una prova ogni 2.000 m³ di materiale trattato.

L'ubicazione dei prelievi e delle prove è scelta ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori.

Il controllo del costipamento degli strati finiti, realizzato mediante misure di massa volumica come sopra specificato, deve rispettare le frequenze previste per gli strati di rilevato e per quelli di sottofondo. A discrezione della Direzione dei Lavori, sugli strati finiti possono essere effettuati prove con piastra per valutare il modulo di deformazione M_d o prove di deflessione, operando con mezzi ad elevato rendimento, che consentano la determinazione del modulo elastico dinamico (M_{ed}): in questi casi, i valori di riferimento devono

essere quelli stabiliti nel corso delle prove preliminari di campo, tenuto conto della destinazione dello strato e della stagionatura (età) delle miscele.

5.4.6 Massicci in terra rinforzata

Si ottengono inserendo, fra gli strati di un rilevato, elementi resistenti a trazione, di tipo monodirezionale (armature metalliche, generalmente piatte) oppure bidirezionale (geotessili, reti metalliche, geogriglie, ecc..). Affinché il massiccio si mantenga in efficienza è indispensabile che i materiali adottati presentino speciali caratteristiche.

Requisiti dei terreni del massiccio

Il terreno del rilevato in terra rinforzata deve essere costituito da terre appartenenti ai gruppi A_{1-a}, A_{1-b}, A₃, A₂₋₄ e A₂₋₅ della classifica CNR - UNI 10006/2002.

Si devono, comunque, rispettare le seguenti condizioni:

- Il terreno di riempimento deve presentare un passante allo staccio da 0,075 mm inferiore al 15% ;
- Si possono utilizzare i terreni con passante allo 0.075 mm superiore al 15%, se:

la percentuale del campione esaminato per sedimentazione, di dimensioni minori di 15 µm è inferiore al 10% ;

la suddetta percentuale rimane compresa tra il 10% e 20% e l'angolo di attrito interno, misurato con prove di taglio diretto su campioni saturi, risulta superiore a 25°.

- Il terreno di riempimento non deve contenere nessun elemento maggiore di:

D = 140 mm se impiegato per il corpo del rilevato;

D = 100 mm se impiegato per il sottofondo.

Si può alleggerire il rilevato, con le modalità indicate nei disegni costruttivi, mediante l'interposizione di livelli di argilla espansa a strati di misto granulare o sabbia.

L'inerte leggero deve avere le seguenti caratteristiche :

$D_{max} < 25$ mm;

peso di volume saturo a superficie asciutta compreso tra 7 e 8 kN/m³.

Il valore di resistività del materiale, saturato dopo un'ora di contatto terra-acqua alla temperatura di 20°C, deve essere superiore a 2.000 Ohm*cm per opere a secco e 3.000 Ohm*cm per opere inondabili.

Il valore di attività degli ioni (pH) misurato sull'acqua del campione di terra saturato, deve essere compreso tra 5 e 10.

Il contenuto di cloruri e solfati deve essere determinato soltanto per i materiali la cui resistività sia compresa tra 2.000 e 5.000 Ohm*cm.

TABELLA.7 - CONTENUTO DI CLORURI E SOLFATI

	Opere a secco	Opere in acqua dolce
Ione Cl	200 mg/kg	100 mg/kg
Ione SO ₄	1000 mg/kg	500 mg/kg

Armature metalliche

Le armature laminate e profilate devono essere in acciaio di tipo Fe 52.

Le reti metalliche sono a doppia torsione a maglie esagonali, tipo 8 x 10 (conformi UNI 8018), con valori elevati di resistenza a trazione (fino a 47 kN/m) senza fenomeni di creeping;

Gli elementi di acciaio interrati, di qualsiasi tipo, devono essere protetti da zincatura a caldo, di spessore minimo garantito di 70 micron, in ragione di circa 5 g di zinco per dm² di superficie sviluppata, o devono essere inossidabili.

I fili sottili, componenti le reti, devono essere protetti da uno strato di PVC dello spessore di 0,5 mm.

Per il rinforzo dei massicci si possono impiegare geotessili non tessuti in polipropilene o poliestere.

Qualora i materiali di cava non mantengano la prescritta uniformità delle caratteristiche granulometriche e chimiche, allo scopo di garantire un comportamento omogeneo della terra rinforzata, l'Impresa è tenuta a stocarli, in apposite aree, al fine di correggerli opportunamente.

Gli strati devono essere compattati in modo tale da garantire una massa volumica, sull'intero spessore, non inferiore al 92% (95% nel caso di strati di sottofondo) della massima individuata mediante la prova AASHTO Mod. (CNR 69/78), mentre il modulo di deformazione determinato in accordo alla norma CNR 146/92 deve risultare non inferiore a 50 N/mm². Se la granulometria del materiale non consente l'esecuzione di prove di costipamento di laboratorio, secondo la norma CNR 69/78, il controllo del costipamento va effettuato attraverso prove di modulo di deformazione a doppio ciclo di carico, secondo la norma CNR 146/92.

5.4.7 Sottofondo

Il sottofondo, in generale, può essere realizzato con la stesa di uno o più strati, ciascuno avente spessore non superiore a 30 cm, salvo diverse indicazioni risultanti dalla sperimentazione su campo prove. Lo spessore totale dello strato di sottofondo dipende dalla natura del materiale utilizzato, dalla portanza del supporto e da quella assunta in progetto per il piano di posa della sovrastruttura. La capacità portante del sottofondo deve essere corrispondente ai dati di progetto e quindi occorre verificarla prima della posa in opera della fondazione. In lavori di manutenzione può capitare che il sottofondo sia costituito da strati anche legati, in parte fessurati, della pavimentazione preesistente all'intervento: qualora questi strati non contengano leganti bituminosi la valutazione sarà analoga a quella del sottofondo non legato.

Materiali costituenti

Non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possono essere impiegati per realizzare gli strati di sottofondo. Questo aspetto deve essere tenuto in conto per la formulazione del programma dettagliato delle lavorazioni dei movimenti di terra:

occorre considerare che, in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di $D=100$ mm;

nel caso in cui si impieghino materiali non legati, al fine di ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari con assortimento granulometrico ben graduato (curve

compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (passante allo 0,063 mm minore del 12%) e non plastiche ($IP < 6$).

Materiali sciolti naturali

Si prestano a costituire ottimi strati di sottofondo, i tout-venant di cava ed i misti di fiume (naturali o corretti granulometricamente), con granulometria 0/100 mm ben assortita, appartenenti al gruppo A_{1-a} della classificazione CNR-UNI 10006.

Possono essere impiegate, altresì, anche senza trattamento con legante, terre con indice di gruppo $IG = 0$, purché prive di elementi maggiori di $D > 100$ mm e rispondenti ai requisiti di portanza appresso indicati, fatte salve soluzioni differenti da giustificarsi sotto il profilo tecnico ed economico. Inoltre, nel rispetto delle dimensioni massime sopra specificate, possono essere impiegate anche terre stabilizzate a cemento, a calce o a calce e cemento, materiali provenienti da demolizione e rocce tenere in disfacimento e/o autocementanti:

terre dei gruppi A_{1-b}, A₂₋₄ ed A₂₋₅, con passante allo 0.075 mm maggiore del 12%, previa stabilizzazione a cemento od a calce-cemento;

terre dei gruppi A₂₋₆ ed A₂₋₇ con una percentuale di fino maggiore al 5% previa stabilizzazione mista (a calce e cemento) od a sola calce.

limi dei gruppi A₄ ed A₅ previa stabilizzazione a calce e cemento, nonché le argille dei gruppi A₆ ed A₇, dotate di plasticità non eccessivamente elevata ($IP < 25\%$), previa stabilizzazione con sola calce.

In questi ultimi casi, l'attitudine all'impiego deve essere valutata mediante prove CBR di laboratorio, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione Md sugli strati posti in opera.

Qualora le prove di portanza CBR di laboratorio risultassero significative (materiale passante allo staccio da 20 mm, UNI EN 933-2), l'idoneità all'impiego della terra potrà essere accettata se essa presenterà valori di indice di portanza CBR (energia AASHTO Modificata) non inferiori a quanto appresso specificato:

nel caso di sottofondi costituiti da terreni granulari, clima asciutto, assenza di rischi d'imbibizione per infiltrazione laterale o dall'alto o per risalita capillare:

$CBR = 20\%$ ($w = w_{opt} \pm 2\%$; senza immersione);

per sottofondi costituiti da terreni granulari, nel caso in cui una delle condizioni sopracitate venga a mancare:

$CBR = 20\%$ ($w = w_{opt} \pm 2\%$; 4 giorni di immersione);

nel caso di sottofondi costituiti da terreni limo-argillosi o in presenza di drenaggi insufficienti:

$CBR = 20\%$ ($w = w_{opt} \pm 2\%$; saturazione completa).

Materiali riciclati

Per il presente articolo e per tutte le lavorazioni con materiali riciclati, per tutto quanto non esposto nel presente Capitolato, si farà riferimento al Capitolato Speciale di Appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione della Regione Toscana (approvato con D.G.R.T. n. 337 del 15/05/2006).

Le miscele di materiali provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, per essere impiegate nella formazione di strati di sottofondo devono possedere i requisiti indicati nella *Tabella.8* o nella *Tabella.9*, a seconda che si tratti di aggregati da costruzione e demolizione, o di inerti provenienti prevalentemente da scarti di attività industriali. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato. L'idoneità all'impiego del materiale deve essere accertata anche mediante il valore dell'Indice C.B.R. determinato secondo la norma CNR-UNI 10009/64; il materiale sarà ritenuto idoneo se fornisce valori dell'Indice di portanza C.B.R., su provini addensati con energia AASHTO Mod. e umidità $w = w_{ott} \pm 2 \%$, dopo 4 giorni di immersione in acqua, pari a $CBR \geq 20 \%$.

TABELLA.8 - AGGREGATI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE PER STRATI DI SOTTOFONDO

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Calcestruzzi, mattoni e laterizi, intonaci, materiali litici, malte, ceramica	UNI EN 13285 Appendice A	> 80% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 10% in massa
Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,2% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,4% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	≤ 45%
Sensibilità al gelo (*)	UNI EN 1367-1	≤ 30%
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	Non Plastico
Passante allo staccio 63 mm	UNI EN 933-1	100%
Passante allo staccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 15% in massa
Rapporto fra passante allo staccio 0,500 mm e passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	> 1,5
Produzione finissimo per costipamento AASHTO Mod. nell'intervallo $\pm 2\% W_{OTT}$	CNR B.U. n.69/78 UNI EN 933-1	Differenza $P_{0,063post} - P_{0,063ante}$ ≤ 5%
Indice di forma	UNI EN 933-4	≤ 35%
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	≤ 35%
(*) In zone soggette al gelo		

In ogni caso il rigonfiamento rilevato secondo le modalità previste dalla stessa Norma CNR-UNI 10009/64 non dovrà essere superiore a 1%.

I piani di sottofondo devono essere sistemati con falde pendenti verso l'esterno (in rilevato) o verso le opere di raccolta delle acque, con pendenza trasversale non inferiore al 4%, al fine di allontanare rapidamente le acque meteoriche.

TABELLA.9 - SCARTI INDUSTRIALI PER STRATI DI SOTTOFONDO

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	> 80% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,5% in massa
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	≤ 45%
Sensibilità al gelo (*)	UNI EN 1367-1	≤ 30%
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	Non Plastico
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	100%
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 20% in massa
Rapporto fra passante al setaccio 0,500 mm e passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	> 1,5
Produzione finissimo per costipamento AASHTO mod. nell'intervallo $\pm 2\%$ W_{OTT}	CNR B.U. n.69/78 UNI EN 933-1	Differenza $P_{0,063post} - P_{0,063ante}$ ≤ 5%
Indice di forma	UNI EN 933-4	≤ 35%
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	≤ 35%
(*) In zone soggette al gelo		

5.5 CONTROLLI

5.5.1 Controllo delle forniture

In corso d'opera devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in sito, prima della posa in opera del materiale, in contraddittorio con la Direzione dei lavori, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati.

5.5.2 Controlli prestazionali sugli strati finiti e detrazioni

Le prestazioni degli strati posti in opera possono essere accertate, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione M_d , al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR 146/92.

Il controllo mediante misure di massa volumica in sito può essere applicato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n. 69/78, la frazione di materiale trattenuta allo staccio 20 mm UNI EN 933-2 non supera il 35% della massa totale.

TABELLA.10 - FREQUENZA MINIMA DEI CONTROLLI DELLE FORNITURE DEI MATERIALI

Destinazione	Rilevato		Sottofondo		Massicci rinforzati
	Primi	Ulteriori	Primi	Ulteriori	Primi
Tipo di prova	10000 m³	m³	5000 m³	m³	5000 m³
Materiali sciolti naturali					1000
Classificazione CNR-UNI 10006 -2002	2000	4000	1000	2000	
Costipamento	5000	10000	2500	5000	
CBR			2500 ⁽¹⁾	5000 ⁽¹⁾	
Materiali riciclati					
Requisiti delle Tabelle 1-4 e 1-5	1000	2000			
Requisiti delle Tabelle 1-8 e 1-9			1000	2000	
Costipamento	1000	2000	1000	2000	
CBR			1000	2000	
Tutti i materiali					500
Umidità naturale	500	1000	500	1000	
⁽¹⁾ Solo per i materiali non appartenenti al gruppo A1-a					

In questo caso il controllo della massa volumica apparente può essere effettuato previa correzione del peso di volume del secco in sito, per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

Pd : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;

V : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;

P'd : massa del secco della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm;

V' = P'd / γ_s : volume della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm;

γ_s : massa volumica apparente della frazione trattenuta allo staccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHTO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di

costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato esaminato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione M_d' al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione M_d al primo ciclo di carico dovrà, in ogni caso, essere non superiore a 2.5. La prova di carico a doppio ciclo risulta inoltre necessaria quando le prove di portanza non sono eseguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato.

In alternativa, o anche ad integrazione delle misure di modulo di deformazione, il controllo della portanza degli strati finiti può essere effettuato mediante misure di deflessione, operando con mezzi ad alto rendimento che consentono la determinazione del modulo elastico dinamico equivalente M_{ed} . Le soglie da raggiungere devono essere determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il modulo M_{ed} e il modulo di deformazione M_d , tenuto conto della struttura da realizzare e del materiale in esame. Le misure di deflessione risultano, generalmente, assai più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, possono essere convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della variazione della portanza sull'intera estensione dello strato esaminato, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale, se ciò è ritenuto necessario, come nel caso degli ampliamenti e delle sezioni a mezza costa. Queste determinazioni possono inoltre rappresentare la base per la scelta dei punti in cui effettuare misure del modulo di deformazione M_d se occorre determinare la distribuzione spaziale della portanza degli strati di rilevato realizzati, finalizzata al sezionamento del rilevato in tronchi omogenei di portanza.

Dato che la portanza di una terra o di un materiale granulare dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno maggiore in relazione alla natura del materiale stesso, i livelli prestazionali si riferiscono a contenuti d'acqua "w" compresi tutti nell'intervallo:

$$w_{ott} - 2,0\% < w < w_{ott} + 2,0\%$$

(w_{ott} = umidità ottima di costipamento ricavata con prove AASHTO Mod.)

Se il contenuto d'acqua "w" del materiale al momento delle prove dovesse risultare esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle relative misure effettuate tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel campo prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale stesso.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra o di deflessione, occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

TABELLA.11 - CRITERI DI QUALITÀ E REQUISITI PER GLI STRATI DI RILEVATO E SOTTOFONDO

Strato	Traffico	Grado di addensamento % γ_s max di laboratorio	Modulo di deformazione Md (N/mm ²)
Sottofondo ¹	P e PP	$\geq 95\%$ AASHTO Mod.	≥ 50
	L e M	$\geq 93\%$ AASHTO Mod..	≥ 40
Rilevato ²	P e PP	$\geq 92\%$ AASHTO Mod.	≥ 30
	L e M	$\geq 90\%$ AASHTO Mod..	≥ 25

¹ In trincea, in tutto lo spessore dello strato di bonifica del sottofondo; in rilevato, nello strato superiore fino ad 1,0 m dal piano di sottofondo;

² Strati posti a più di 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione;

Tenuto conto delle situazioni localmente presenti, per gli strati di sottofondo possono assumersi soglie minime diverse, purché considerate nel progetto della pavimentazione, si veda a tal proposito la relazione specialistica, e giustificate sotto il profilo tecnico-economico.

Se indichiamo con M_d il valore del modulo di deformazione di progetto e con $M_{d\text{ sito}}$ il valore del modulo di deformazione determinato sul materiale posto in opera dopo un tempo di maturazione compreso tra 12 e 24 ore, nel caso in cui il valore di $M_{d\text{ sito}}$ sia inferiore a M_d saranno applicate le seguenti detrazioni:

- se $M_{d\text{ sito}} \geq 0.95 \cdot M_d$ nessuna detrazione
- se $0.95 \cdot M_d > M_{d\text{ sito}} \geq 0.90 \cdot M_d$ 10% di detrazione
- se $0.90 \cdot M_d > M_{d\text{ sito}} \geq 0.80 \cdot M_d$ 20% di detrazione
- se $M_{d\text{ sito}} < 0.80 \cdot M_d$ rifacimento della stabilizzazione

Frequenza dei controlli sugli strati finiti

La frequenza delle prove di controllo degli strati finiti deve rispettare quanto previsto nella *Tabella.12*, salvo diverse e documentate prescrizioni da parte della Direzione Lavori.

TABELLA.12 - FREQUENZA MINIMA DEI CONTROLLI PER CIASCUNO STRATO FINITO (UNA PROVA OGNI ...M2)

Destinazione	Corpo del rilevato		Sottofondo
	Primi	Ulteriori	Primi
Tipo di prova	10000 m ²	m ²	5000 m ²
Grado di Addensamento	2000	4000	1000
Modulo M_d e M_d/M'_d	2000 ¹	4000 ¹	1000
Modulo elastico dinamico equivalente M_{ed}	400	400	200
¹ Solo nel caso in cui non è possibile procedere al controllo del grado di addensamento			

Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati devono rispettare le soglie minime riportate nella *Tabella.12*.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati di una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 5%, per le misure di massa volumica secca ρ_s ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo M_d e M'_d).

Per le prove di portanza ad alto rendimento la media dei valori del modulo M_{ed} ricavata da almeno 12 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 20%.

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7: 2004), disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

- ogni 5000 m², per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo
- ogni 1000 m², per i piani di posa della pavimentazione.

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- $\pm 2\%$ per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;
- ± 3 cm, per i piani di sottofondo;
- ± 5 cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;
- ± 10 cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

5.5.3 Riempimenti

Con la generica denominazione di riempimenti si individuano diverse tipologie di lavorazioni che riguardano: sistemazioni di tratti di rilevato rimasti in sospeso, rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (come ad esempio la posa di sottoservizi), riempimenti a ridosso di opere di sostegno, ripristino di cavi di fondazioni intorno a strutture murarie, sistemazioni ambientali. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, non deve giustificare rinuncia di sorta alle portanze prescritte.

E' necessario, pertanto, impiegare materiale granulare selezionato, efficacemente sensibile al costipamento per vibrazione.

I materiali, trasportati mediante autocarri o mezzi simili, non devono essere scaricati direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositati in loro vicinanza e successivamente posti in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti.

L'Impresa deve evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza e non deve operare mediante grossi rulli vibranti entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. Alle spalle di tali strutture devono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, come piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Nell'eseguire la formazione dei riempimenti o dei tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si deve garantire la continuità con la parte già realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici onde ottenere analoghe caratteristiche prestazionali degli strati finiti. A ridosso delle murature dei manufatti, la Direzione Lavori ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali predisposti, privati delle pezzature maggiori di 40 mm, qualora lo ritenga necessario in relazione alle caratteristiche dei terreni ed anche in aggiunta alle previsioni progettuali. La stabilizzazione deve interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sia a forma trapezia, avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a $2,00\text{ m} + \frac{3}{2}h$ e l'altezza h coincidente con quella del rilevato. Il cemento, di tipo normale, va aggiunto in ragione di 25-50 kg/m³ di materiale compattato; l'esatto quantitativo, entro i suddetti limiti, deve essere determinato sperimentalmente dall'Impresa e sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori.

La miscela deve essere compattata fino al 95% della massa volumica massima del secco, ottenuta con energia AASHTO Modificata (CNR 69/78), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

Art. 6 MURATURE

Tutte le murature dovranno essere eseguite secondo i disegni di progetto; nella realizzazione dovrà essere curata la perfetta esecuzione di spigoli, di voltine, piattabande, archi e saranno lasciati tutti i necessari incavi in modo da non scalpellare i muri già costruiti.

I lavori di muratura, qualunque sia il sistema costruttivo, non dovranno essere eseguiti in quei periodi nei quali la temperatura si mantenga per molte ore sottozero.

6.1 MURATURA A SECCO

Sarà eseguita con pietre ridotte con martello alla forma più regolare possibile, escludendo le pietre di forma rotonda. Per paramento si sceglierà quelle di maggiori dimensioni e l'assenza di malta sarà supplita dal combaciamento fra i singoli pezzi.

6.2 MURATURA DI PIETrame CON MALTA

Sarà eseguita con scapoli di pietrame di grossa pezzatura allettati con malta cementizia a 300 Kg. di cemento. Prima di essere collocate in opera, le pietre saranno ripulite e bagnate. Le facce viste delle murature non destinate ad essere intonacate o rivestite, saranno rabboccate con malta cementizia a 400 Kg. di cemento.

6.3 MURATURA IN MATTONI

Sarà eseguita con materiali rispondenti alle "Norme per l'accettazione dei materiali laterizi" (R.D. 16.11.1939 n° 2233); i laterizi, prima del loro impiego, dovranno essere bagnati sino a saturazione per immersione prolungata e non per aspersione.

Se non diversamente disposto, la muratura verrà eseguita con mattoni pieni UNI 5628-65, di ottima scelta, perfettamente spigolati e ben premuti sullo strato di malta.

6.4 PARAMENTI DELLE MURATURE

Le murature non soggette a rivestimento potranno venir richieste con la lavorazione dei paramenti secondo i tipi indicati in Elenco Prezzi o secondo le disposizioni della D.L.

Resta stabilito che l'Appaltatore, prima di iniziare le murature e i relativi paramenti, dovrà apprestare a sua cura e spese, le campionature che saranno sottoposte all'approvazione della D.L.

Art. 7 CALCESTRUZZI E CONGLOMERATI

Le caratteristiche dei materiali necessari al confezionamento risponderanno, per vari tipi di impasto, alle prescrizioni del presente Capitolato e alle voci dell'Elenco Prezzi.

7.1 CALCESTRUZZO DI MALTA ORDINARIO O CICLOPICO

Il calcestruzzo ordinario sarà confezionato preparando separatamente i due componenti (un terzo di malta idraulica o bastarda e due terzi di ghiaia o pietrisco), procedendo successivamente al mescolamento.

Analogamente si procederà per il calcestruzzo ciclopico, utilizzando però pietrame di pezzatura assortita, ripulito, lavato e con resistenza alla compressione non inferiore a 900 Kg./cmq.. Il pietrame verrà annegato in opera nel calcestruzzo, avendo cura che disti non meno di 5 cm. dalle superfici esterne della struttura.

7.2 CONGLOMERATI CEMENTIZI

I conglomerati da usarsi in opera di qualsiasi natura, (sia in fondazione che in elevazione), saranno confezionati secondo il D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni* e al D.M. 9 gennaio 1996

L'impasto del conglomerato sarà effettuato con impianti di betonaggio tali da garantire il controllo di quantità dei componenti.

Il quantitativo d'acqua dell'impasto dovrà essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità.

Il prelievo dei campioni per il "controllo di accettazione" e la preparazione e la stagionatura dei provini saranno effettuati con le modalità previste dalla normativa vigente o dalle norme tecniche di riferimento (NORME UNI 6127/73 e 6130/72).

Se l'impasto sarà confezionato fuori opera, il trasporto del conglomerato dovrà essere effettuato con mezzi che impediscano la separazione dei singoli elementi; il tempo trascorso tra l'inizio dell'impasto ed il termine dello scarico non dovrà causare un aumento di consistenza superiore ai 5 cm. alla prova del cono.

Il calcestruzzo per fondazione di manufatti o platee, verrà disteso sul fondo del cavo a strati non maggiori di cm. 20 regolarmente distribuiti con la pala e battuto per strato con idonei pilli di legno.

Se il calcestruzzo deve esser gettato in un cavo con la presenza di acqua, per la formazione di fogne e manufatti, il piano di fondazione dovrà essere mantenuto costantemente all'asciutto.

I calcestruzzi in gettata esposti all'aria e specialmente quelli delle volte di fognatura e manufatti, dovranno essere riparati dal sole mediante idonea copertura mantenuta costantemente bagnata fino a sufficiente indurimento del calcestruzzo ed almeno fino dopo il disarmo.

Similmente i calcestruzzi, come le murature, dovranno con opportuni ripari essere difesi dall'acqua e da eventuali geli.

La cubicità del calcestruzzo impiegato, sarà desunta e valutata esclusivamente dai disegni di esecuzione in precedenza consegnati all'accollatario e quindi, non sarà tenuto alcun conto della maggiore quantità di calcestruzzo che potesse occorrere, sia per colmare vani che si fossero prodotti per qualsiasi causa nelle pareti del cavo, sia per qualunque altro motivo, nessuno escluso ed eccettuato: in quanto nello stabilire il prezzo del calcestruzzo è stato tenuto debito conto degli oneri suddetti.

Qualora la resistenza cubica alla compressione di un calcestruzzo di R'_{ck} = prescritta, risultasse inferiore al valore corrispondente, sarà applicato il Prezzo d'Elenco per titolo di calcestruzzo di R'_{ck} corrispondente ed il prezzo sarà ridotto del 15% (L. 15 per ogni cento lire) a titolo di penale e ciò sempre che la Direzione dei Lavori, a suo giudizio insindacabile, non ritenga di disporre per la demolizione e ricostruzione del getto.

Art. 8 FORNITURA E POSA IN OPERA DI TUBAZIONI

8.1 GENERALITÀ

La posa in opera di fognature e qualsiasi tipo di tubazione dovrà essere preceduta dallo studio esecutivo particolareggiato delle opere da eseguire, qualora non risultino dal progetto specifiche indicazioni.

Gli scavi per la posa in opera, dovranno essere costituiti da livellette raccordate da curve e, laddove la natura dei terreni lo rendesse opportuno, occorrerà preparare il piano di posa con un letto di sabbia; qualora fosse più indicata la realizzazione di un massetto, lo stesso sarà realizzato con un conglomerato cementizio magro.

Lo scarico dei tubi, di qualunque materiale, dai mezzi di trasporto, sarà da effettuarsi prendendo tutte le precauzioni necessarie ad evitare danni sia ai tubi che ai rivestimenti: prima di essere messi a posto, i singoli elementi saranno accuratamente puliti.

I tubi verranno calati nelle trincee, con mezzi idonei a preservarne l'integrità e le giunzioni saranno eseguite con la migliore tecnica relativa a ciascun tipo di materiale.

L'Appaltatore sarà obbligato ad eseguire le prove di tenuta dei tronchi di tubazione provvedendo, a sue spese, a tutto quanto sarà necessario all'esecuzione delle prove stesse.

Le pressioni di prova saranno stabilite in funzione del tipo e dell'uso delle tubazioni eseguite.

8.2 MISURE DEI MATERIALI

La valutazione delle tubazioni avverrà in genere in base alla loro massa o in base alla loro lunghezza secondo le disposizioni in Elenco Prezzi.

La valutazione delle tubazioni in genere sarà fatta a metro lineare, misurando la lunghezza sull'asse delle tubazioni senza tener conto delle parti destinate a compenetrarsi.

I pezzi speciali saranno valutati ragguagliandoli all'elemento ordinario di tubazione di pari diametro:

- curve semplici a 45 gradi con diametro minore 20 cm.	ml. 1,00
- curve semplici a 45 gradi con diametro maggiore 20 cm.	ml. 1,50
- curve a squadra 90 gradi con diametro minore 20 cm.	ml. 1,00
- curve a squadra 90 gradi con diametro maggiore 20 cm.	ml. 1,50
- riduzioni	ml. 1,00
- ispezione con tappo e serratappo	ml. 1,50
- giunti semplici	ml. 1,50
- giunti a squadra	ml. 1,25
- sifone verticale	ml. 4,00
- sifone orizzontale	ml. 5,00

Analogamente si procederà per le tubazioni in materie plastiche (P.V.C. UNI 7447/75, polietilene etc.) valutando come segue i pezzi speciali:

- curve aperte o chiuse con diametro minore 20 cm.	ml. 1,00
- curve aperte o chiuse con diametro maggiore 20 cm.	ml. 1,25
- braghe semplici e T semplici	ml. 1,25
- braghe doppie e T doppi con diametro minore 20 cm.	ml. 1,25
- braghe doppie e T doppi con diametro maggiore 20 cm.	ml. 1,75
- braghe a Y con diametro minore 20 cm.	ml. 1,75
- braghe a Y con diametro maggiore 20 cm.	ml. 2,25
- tappi	ml. 1,25

I materiali valutabili a peso dovranno essere accompagnati da note - peso controllabili con bascule dei cantieri o alla pesa pubblica.

8.3 POSA IN OPERA DI FOGNATURE IN ELEMENTI PREFABBRICATI

8.3.1 Fognature prefabbricate in calcestruzzo di tipo normale

In linea generale per la posa in opera delle normali fognature prefabbricate in calcestruzzo, sia a sezione ovoidale che circolare ed in elementi lunghi metri 1,00 (uno), si dovranno osservare le seguenti disposizioni:

a) - lo scavo deve avere una larghezza pari a quella massima esterna della fogna, misurata al giunto a semi incastro oppure a bicchiere secondo il caso, aumentata di mt. 0,12 minimo per parte. Sono comunque salve particolari disposizioni che la Direzione Lavori potrà impartire, per scritto, in relazione alla natura del terreno;

- b) - la profondità dello scavo deve essere spinta fino a mt. 0,15 al disotto della base di appoggio della fogna per poter creare la sede della normale platea di appoggio e quando non sussistono particolari tipi di platea che saranno allora indicati dai disegni di progetto o prescritti in corso d'opera dalla Direzione Lavori;
- c) - la platea di appoggio della fogna, dovrà rispettare l'esatta pendenza assegnata alla fogna e dovrà avere uno spessore minimo di cm. 15 ed il fondo scavo, dove sarà eseguito il getto, dovrà essere quindi regolarizzato al massimo. Il getto della platea, richiamandosi all'art. 6 delle presenti norme tecniche, sarà eseguito, se trattasi di "normale platea" come sopra indicato (voce b), con cls. classe R'ck = 200. Sono salve eventuali particolari prescrizioni di progetto o di Direzione Lavori;
- d) - i giunti dei vari elementi di fogna, sia del tipo a semi incastro o a bicchiere, saranno ristuccati con malta di cemento tit. 325 dosata con q.li 4,00 (quattro) di cemento per mc. 1,00 (uno) di sabbia lavata di fiume. La stuccatura, dovrà essere eseguita con la massima cura, sia all'esterno che all'interno del giunto e quindi, per le fogne di sezione piccola non ispezionabile, la stuccatura interna (fino a che la sezione lo consentirà), dovrà essere effettuata progressivamente alla posa in opera di ogni singolo elemento lungo mt. 1,00 o mt. 2,00 secondo i tipi di fogna. La stuccatura dovrà, unitamente al successivo rinfiacco, garantire la tenuta dei giunti sia all'uscita che all'entrata di liquami o acque, il tutto in osservanza delle prescrizioni del D.Lgs. 152/2006, della Legge n° 319 del 1976 e ss. mm. per l'anti inquinamento e successive sue integrazioni e modifiche;
- e) - gli elementi delle fogne dovranno essere forniti dal produttore con certificato di garanzia circa i collaudi subiti in stabilimento ed inclusi quelli che assicurino la perfetta impermeabilità delle pareti dell'elemento di fogna medesimo;
- f) - una volta posta in opera sulla sua platea e ristuccatura nei giunti, la fognatura dovrà essere rinfiaccata con getto di calcestruzzo di cemento dosato come già indicato alla precedente voce (c) per la platea, ma salve sempre eventuali particolari prescrizioni di progetto e di Direzione Lavori. L'altezza del rinfiacco dovrà rispettare le indicazioni riportate nel relativo titolo di lavoro, di "provvista e posa di fogna", trascritto nell'Elenco Prezzi del presente Capitolato. In difetto di detta indicazione il rinfiacco dovrà essere spinto fino ad ottenere la completa estradossatura del cervello della fogna per uno spessore non inferiore a cm. 10. Lo spessore del rinfiacco sarà dato dalle misure di scavo già indicate alle voci (a) e (b), il cui dimensionamento ha appunto lo scopo di realizzare la sede del rinfiacco stesso. In difetto si procederà alle opportune detrazioni dal titolo di lavoro di "provvista e posa di fogna" secondo i prezzi dei normali getti di calcestruzzo riportati dall'Elenco Prezzi;
- g) - il riempimento dello scavo e ricopertura della fogna verrà effettuato con misti naturali di cava o di fiume che dovranno essere compattati a regola d'arte in modo che non si debbano verificare cedimenti e/o avvallamenti delle soprastanti sovrastrutture stradali e delle pavimentazioni. Solo la Direzione Lavori potrà autorizzare, per scritto e previo adeguati accertamenti, l'utilizzo parziale e/o totale delle terre di risulta dagli scavi, sia della stessa fogna, che di altre opere di cantiere o di provenienza esterna. Di dette terre, peraltro, ne dovrà essere contabilizzata la sola posa in opera, qualora non si tratti di terre provenienti da "cava di prestito" aperte a cura dell'Impresa ed autorizzate e/o approvate e controllate dalla Direzione Lavori e per il cui pagamento si adotteranno gli eventuali Prezzi di Elenco o, se mancanti, si darà corso ad appositi concordati Nuovi Prezzi;

h) - in corrispondenza dei pozzettoni di ispezione gli elementi della fogna prefabbricata dovranno essere attestati fino al "filo del paramento interno" del pozzettone ed adeguatamente ristuccati come in voce (d). La muratura in mattoni pieni, oppure il getto in calcestruzzo di cemento del pozzettone, verranno contabilizzati detraendo il volume occupato dalla fogna. La detrazione è esclusa solo per fogne di sezione pari o inferiore a mq. 0,0314 (tubo cm. 20).

8.3.2 Fogne prefabbricate in calcestruzzo del tipo a bicchiere a giunto elastico

Per le fogne prefabbricate, in elementi di sezione ovoidale e/o circolare della lunghezza di mt. 2,00 (due) realizzate con calcestruzzo, turbovicompreso ad alta resistenza, armato o non armato a richiesta, con giunti a bicchiere con anello elastomerico a tenuta in gomma speciale EPDM di sezione "goccia"; con base di appoggio continua per tutta la lunghezza dell'elemento dall'inizio della bocca del bicchiere fino al termine opposto dell'elemento stesso; (fogne tipo ILCEV, DIN.4032 o similari), si osserveranno le seguenti prescrizioni:

a) - ogni fornitura di elementi di fogna dovrà essere corredata di relativa relazione tecnico-statica particolareggiata, nonché di dichiarazione di corrispondenza della fogna al D.Lgs. 152/2006 ed alla Legge n° 319 del 1976 e ss.mm. anti inquinamento, a quale prescrive che le pareti dell'elemento siano impermeabili sia alle acque esterne che ai liquami interni, nonché il grado di impermeabilità e tenuta dei giunti elastici. Garanzia, inoltre, della linearità del piano di scorrimento dei liquami;

b) - in casi normali e generali, quando i carichi fissi e accidentali lo consentono, il rinfianco potrà essere effettuato anche con sola sabbia asciutta. Per quanto riguarda l'ampiezza dello scavo di sede della fogna, nonché gli spessori minimi per platea e rinfianco, si dovranno osservare le stesse modalità indicate per le normali fogne prefabbricate indicate al precedente paragrafo 1) lettere a), b), c), f). La fogna sarà totalmente estradossata al suo cervello per uno spessore di cm. 10 (dieci) minimo, a meno che il titolo del prezzo disponga diversamente. Il tipo di rinfianco, sabbia o calcestruzzo, sarà indicato dal Prezzo di Elenco;

c) - nei casi indicati dal progetto od in caso di disposizioni emanate in corso d'opera dalla Direzione dei Lavori, al fine di assicurare una maggiore stabilità alla fognatura, questa potrà essere realizzata con platea armata a forma di "sella", che sarà gettata in opera entro lo scavo a tratti di lunghezza non maggiore di ml. 4,00, con interposizione, fra un tratto e l'altro, di un giunto in polistirolo. Le misure della "sella" nelle parti che formano la platea e le "ali" della sezione ad "U", nonché l'inclinazione di queste ultime risulteranno dai disegni esecutivi di progetto o saranno contenute nell'ordine scritto della D.L. e ciò con lo scopo di ottenere il migliore adattamento della struttura alle condizioni di impiego.

La posa in opera degli elementi prefabbricati della fogna dovrà avvenire in modo che i giunti della platea risultino sfalsati rispetto a quelli della posa in opera degli elementi fognatura.

L'armatura in acciaio della "sella" sarà eseguita con acciaio dei tipi Fe B 44K o Fe B 38K ovvero sempre del tipo controllato in stabilimento e secondo i disegni esecutivi forniti.

L'incidenza dell'armatura per ogni metro lineare di platea non dovrà comunque essere inferiore a 13 Kg. ed essere eseguita con ferri di diametro mm. 8, almeno in n. di 14 longitudinali e 3 trasversali dei quali almeno 1 sagomato.

Prima della posa in opera della fognatura sarà interposto nella "sella" uno strato di sabbia asciutta di cm. 4-5 compresso e successivamente sarà completato il rinfiango con sabbia dello spazio compreso fra la parete interna della "sella" e quella esterna della fognatura.

Gli spessori di rinfiango ed estradossatura saranno eseguiti secondo i tipi previsti nei disegni esecutivi e secondo le modalità indicate nei paragrafi ed articoli precedenti.

8.3.3 Norme comuni ai vari tipi di fogne prefabbricate in calcestruzzo

Ogni elemento di fogna sarà calato nello scavo con gru, autogru, braccio escavatore.

L'imboccatura di ogni elemento di fogna, con il precedente già in opera, dovrà essere esclusivamente effettuata tassativamente per gli elementi con giunto a bicchiere ed anello elastomerico, mediante impiego di TIR-FOR manuale o idraulico a seconda delle necessità.

E' tassativamente vietato porre in opera, cioè eseguire i giunti fra i vari successivi elementi di fogna, esercitando pressione mediante le benne degli escavatori od altre macchine operatrici simili. Ciò al fine di evitare incrinature e/o rotture e/o sbeccature, sia dei giunti stessi che degli elementi di fogna, i quali dovranno giungere in cantiere ed essere scaricati a piè d'opera e/o in opera perfettamente integri in ogni loro parte.

Elementi difettosi o comunque danneggiati, anche durante il loro trasporto a piè d'opera, saranno rifiutati e l'Impresa dovrà provvedere alla loro immediata sostituzione prima della loro posa in opera e/o dello scarico a piè d'opera.

Elementi posti in opera non integri, dovranno essere tassativamente rimossi e sostituiti, qualunque sia lo stato di avanzamento nella costruzione della fognatura.

Non sono ammesse stuccature e/o ripristini e/o rabberci di qualunque tipo. Il tutto al fine di ottemperare alle norme di cui al D.Lgs. 152/2006 ed alla Legge n° 319 del 1976 e ss.mm.

Singoli elementi o tratti di fognatura che, sfuggiti ai controlli in corso d'opera, risultassero in fase di collaudo lesionate, incrinate o comunque difettose per non aver rispettato le prescrizioni di fornitura e di posa sopra dettate, saranno detratte dalla contabilità e l'Impresa si dichiara perfettamente edotta di detto provvedimento e non potrà avanzare riserve o altre pretese di pagamenti, indennità, compensi.

Quanto sopra sarà applicato anche in fase di controllo della Direzione Lavori nella stesura della contabilità finale, sia per l'emissione dell'ultimo stato di avanzamento lavori e/o dello Stato Finale per il collaudo. Eventuali vizi occulti di costruzione, trasporto, posa in opera, che si manifestassero durante l'esercizio della fogna ed entro il periodo di prescrizione decennale di cui al vigente Codice Civile, faranno carico all'Impresa Appaltatrice dei lavori la quale dovrà, a sua cura e spese, provvedere ai necessari interventi, di qualsiasi entità essi si rivelino, incluso i ripristini delle sedi stradali alterate ed incluso l'onere delle nuove prove di tenuta della fogna e di cui all'art. 18, lettera m) delle Condizioni Generali del presente Capitolato.

8.3.4 Fogne prefabbricate in p.v.c. tubazioni sezione circolare

Per le fogne e/o tubazioni di sezione circolare in P.V.C. si rimanda ai relativi specifici titoli di lavoro riportati nell'Elenco Prezzi allegato al presente Capitolato.

Comunque i tipi delle tubazioni in P.V.C., qualunque sia il loro diametro, saranno i seguenti:

Serie 300 e Serie 301 Norme UNI 7443/75 con giunto a bicchiere per incollaggio.

Serie 303/1 e Serie 303/2 Norme UNI 7447/75 con giunto a bicchiere ed anello elastomerico a tenuta. Di dette serie potranno essere anche richiesti i tipi a giunto con bicchiere ad incollaggio.

Sempre secondo quanto sarà specificamente indicato dal rispettivo prezzo di Elenco, i predetti tubi potranno essere rinfiacati, platea ed estradossatura incluse, sia con calcestruzzo, sia con sola sabbia.

Comunque, la ricopertura totale del tubo, a partire dalla generatrice superiore non dovrà essere mai inferiore a mt. 1,00 (uno) come da Norme UNI 7447/75.

Art. 9 FONDAZIONI E BASI NON LEGATE

9.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

Gli strati di base e di fondazione delle sovrastrutture stradali possono essere realizzati con misti granulari non legati costituiti da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego; per il confezionamento dei soli strati di fondazione possono essere utilizzati, inoltre, inerti granulari riciclati trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 Febbraio 1998, aventi i requisiti previsti nel §53.2.3, o terre stabilizzate granulometricamente.

Lo spessore da assegnare agli strati è fissato dal progetto o, in carenza, dalla D.L..

L'aggregato grosso è quello di dimensione d uguale o maggiore di 1 mm e D maggiore di 2 mm, dove con d si indica la dimensione dello staccio inferiore e con D quella dello staccio superiore.

L'aggregato fine è quello di dimensione d uguale a zero e D minore o uguale a 6.3 mm.

Le miscele potranno essere formate da materiale idoneo oppure da correggersi mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche, eseguita con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione o altri sistemi al fine di migliorarne le proprietà fisico meccaniche.

9.2 QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI

9.2.1 Aggregati lapidei di primo impiego

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati; gli elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella *Tabella.13* e nella *Tabella.14*

TABELLA.13 - REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO DEI MISTI GRANULARI DI PRIMO IMPIEGO PER STRATI DI FONDAZIONE

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico		
Parametro	Normativa		PP	P	M
Resistenza alla frantumazione Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 30	≤ 30	≤ 35
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	63	63	63
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	>30	>30	>30

Resistenza al gelo disgelo (DSIa) (1)	C.N.R. n. 80	%	≤ 20	≤ 20	≤ 30
(1) In zone soggette al gelo					

TABELLA .14 - REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO DEI MISTI GRANULARI DI PRIMO IMPIEGO PER STRATI DI BASE

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico		
Parametro	Normativa		PP	P	M
Resistenza alla frantumazione Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	*	*	≤ 30
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	*	*	63
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	*	*	≥ 80
Resistenza al gelo disgelo (DSIa) (1)	C.N.R. n. 80	%	*	*	≤ 20
(1) In zone soggette al gelo					
* Materiale non idoneo salvo studi particolari					

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella *Tabella.15* e nella *Tabella.16*.

TABELLA.15 - REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE DEI MISTI GRANULARI DI PRIMO IMPIEGO PER STRATI DI FONDAZIONE

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico		
Parametro	Normativa		PP	P	M
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 50	≥ 40	≥ 40
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	N.P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	≤ 25	≤ 35
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 6	≤ 6	≤ 6

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

TABELLA.16 - REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE DEI MISTI GRANULARI DI PRIMO IMPIEGO PER STRATI DI BASE

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico		
Parametro	Normativa		PP	P	M
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	*	*	≥ 50
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	*	*	N.P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	*	*	≤ 25
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	*	*	≤ 6
* Materiale non idoneo salvo studi particolari					

9.2.1 Aggregati riciclati

L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei.

Requisiti di composizione

Il misto granulare per strati di fondazione costituito da aggregati riciclati dovrà possedere i requisiti di composizione.

Requisiti fisico- meccanici

Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella *Tabella.17* e *Tabella.18*.

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi che possiedano le caratteristiche riportate nella seguente *Tabella.19*.

Requisiti chimici

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11. e 7.17. del D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere ≤ 1 %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in c.a., tale valore deve essere $\leq 0,5$ %. Si possono accettare, solo sulla base di uno specifico studio di laboratorio, materiali con un contenuto di solfati e solfuri maggiore del limite suddetto purché vengano rispettati i limiti previsti dal citato D.M. del 05/02/98.

TABELLA.17 - REQUISITI DI COMPOSIZIONE DEI MISTI GRANULARI RICICLATI PER STRATI DI FONDAZIONE

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di materiali ferrosi	UNI EN 13285 Appendice A	> 90% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi e fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente (*)	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa per ciascuna tipologia
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie di materia plastica, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	< 0,2% in massa

Altri materiali: metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	< 0,4% in massa
(*) Decreto Legislativo n.22 del 05/02/1997 e successivi aggiornamenti e integrazioni.		

TABELLA.18 - REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO DEI MISTI GRANULARI RICICLATI PER STRATI DI FONDAZIONE

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico		
Parametro	Normativa		PP	P	M
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	%	≤ 30	≤ 30	≤ 35
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	63	63	63
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Sensibilità al gelo (1)	UNI EN 1367-1	%	≤ 20	≤ 20	≤ 30
(1) In zone soggette al gelo					

TABELLA .19 - REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE DEI MISTI GRANULARI RICICLATI PER STRATI DI FONDAZIONE

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico		
Parametro	Normativa		PP	P	M
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	N.P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	≤ 25	≤ 35
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 6	≤ 6	≤ 6

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

9.2.3 Miscele

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione degli strati di fondazione o di base non legati deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati *Tabella.20* se si tratta di materiale lapideo di primo impiego e di *Tabella.21* se si tratta di aggregati riciclati.

TABELLA.20 - REQUISITI GRANULOMETRICI DELLA MISCELA DI MATERIALE LAPIDEO DI PRIMO IMPIEGO

Serie stacci UNI (mm)	Fondazione	Fondazione o base
	Passante totale in peso	
56	100	-
22.4	70/100	100
11	-	70/100
8	30/70	50/85
4	23/55	35/65

2	15/40	25/50
0.5	8/25	15/30
0.063	2/15	5/15

L'aggregato non deve presentare forma appiattita, allungata o lenticolare. In ogni caso, la dimensione massima dell'aggregato non deve superare la metà dello spessore dello strato ed il rapporto tra il passante allo staccio UNI 0.063 mm ed il passante allo staccio UNI 0.5 mm deve essere inferiore a 2/3.

Per gli aggregati riciclati, la produzione di materiale finissimo per effetto del costipamento con energia AASHTO Mod., effettuato nell'intervallo di umidità $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottima, valutata tramite la differenza della percentuale di passante al setaccio UNI EN 0.063 mm prima e dopo il costipamento, non dovrà essere superiore al 5%.

TABELLA.21 - REQUISITI GRANULOMETRICI DELLA MISCELA DI AGGREGATI RICICLATI

Serie stacci UNI (mm)	Passante totale in peso
63	100
31.5	75/100
16	50/82
10	35/70
4	22/50
2	15/40
0.5	8/25
0.125	5/15
0.063	2/10

L'indice di portanza CBR, determinato secondo quanto prescritto dalla CNR-UNI 10009:64, dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante allo staccio UNI EN 20 mm), non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30. È inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Il modulo resiliente (MR) della miscela impiegata deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e può essere determinato applicando la norma AASHTO T294 o altra metodologia indicata dal progettista.

I diversi componenti e, in particolare, le sabbie devono essere del tutto privi di materie organiche, solubili, alterabili e friabili.

9.3 ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

La composizione delle miscele da adottare dovrà essere comunicata dall'Impresa alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato; la documentazione deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione attestanti il possesso dei requisiti. Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASHTO modificata

(CNR 69/78) per l'individuazione del valore di riferimento della massa volumica secca massima della miscela ($\gamma_s \text{ max}$).

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

9.4 CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

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

9.5 ESECUZIONE DEI LAVORI

Il piano di posa dello strato deve essere ripulito da materiale estraneo ed avere le quote, la sagoma ed i requisiti di compattezza richiesti. Il materiale verrà steso in strati di spessore finito non superiore a 25 cm e non inferiore a 10 cm;

Una volta costipato, il materiale dovrà presentarsi uniformemente miscelato in modo che non si verifichi la segregazione dei suoi componenti. Al fine di raggiungere l'umidità prescritta in funzione della massa volumica, potrà essere necessaria l'aggiunta di acqua, che dovrà effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa andrà eseguita con finitrice o grader appositamente equipaggiato.

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. Comunque, qualora dovessero verificarsi danni dovuti al gelo o un eccesso di umidità, lo strato compromesso dovrà essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento verranno, per ogni cantiere, determinate dalla D.L. con una prova sperimentale di campo usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

9.6 CONTROLLI

Per controllare la qualità dei materiali e la loro posa in opera, si eseguiranno prove di laboratorio sui materiali costituenti, sul materiale prelevato in sito al momento della stesa oltre che sullo strato finito.

9.6.1 Controllo delle forniture

Le caratteristiche di accettazione dei materiali elencate al presente articolo vanno verificate prima dell'inizio dei lavori e ogni qualvolta cambino i luoghi di provenienza del materiale naturale o i lotti omogenei dei materiali riciclati. Per ogni approvvigionamento omogeneo, la frequenza delle prove di attitudine deve rispettare, per ogni tipo di controllo da effettuare, i criteri quantitativi riportati nella Tabella.22 per i misti naturali di primo impiego e nella Tabella.23 per i misti granulari riciclati, salvo diverse e documentate prescrizioni da parte della Direzione dei Lavori.

TABELLA.22 - FREQUENZA DEI CONTROLLI E REQUISITI DELLE FORNITURE DEI MISTI GRANULARI DI PRIMO IMPIEGO

Controllo	Ubicazione prelievo	Frequenza
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi
Aggregato fine	Impianto	Iniziale, poi ogni 6 mesi
Granulometria miscela	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m ³ di stesa

TABELLA.23 - FREQUENZA DEI CONTROLLI E REQUISITI DELLE FORNITURE DEI MISTI GRANULARI RICICLATI PER FONDAZIONI STRADALI

Controllo	Ubicazione prelievo	Frequenza
Materiali componenti	Impianto	Iniziale e per ogni lotto impiegato
Aggregato grosso	Impianto	Iniziale e per ogni lotto impiegato
Aggregato fine	Impianto	Iniziale e per ogni lotto impiegato
Granulometria miscela	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m ³ di stesa
Umidità ottima AASHTO Mod.	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m ³ di stesa
Indice C.B.R. dopo 4 giorni di imbibizione in acqua	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m ³ di stesa
Produzione finissimo per costipamento AASHTO Mod. nell'intervallo $\pm 2\%$ Wott	Sito	Iniziale, poi giornaliera oppure ogni 1000 m ³ di stesa

La granulometria delle miscele deve essere verificata giornalmente, prelevando il materiale in sito già miscelato, subito dopo aver effettuato il costipamento, nel caso di misti granulari di primo impiego; nel caso di misti granulari riciclati, il materiale deve essere prelevato in sito al momento della posa in opera. Rispetto alla qualificazione delle forniture, nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 5 punti e di ± 2 punti per l'aggregato fine. In ogni caso non devono essere superati i limiti dei fusi assegnati. L'equivalente in sabbia (UNI EN 933-8) dell'aggregato fino deve essere verificato almeno ogni tre giorni lavorativi.

9.6.2 Controlli prestazionali sugli strati finiti

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO Mod. di laboratorio e attraverso il controllo della capacità portante.

Il controllo mediante misure di massa volumica del secco in sito (CNR B.U. n.22/72) può essere effettuato soltanto se, come previsto dalla norma CNR B.U. n.69/1978, la frazione di materiale trattenuta al setaccio da 20 mm UNI EN 932-2 non supera il 35% della massa totale. In questo caso il controllo può essere effettuato previa correzione della massa volumica del secco in sito per tenere conto della presenza di elementi lapidei di dimensioni maggiori di 20 mm:

Pd : massa totale dopo essiccazione del materiale prelevato;

V : volume totale occupato in sito dal materiale prelevato;

$P'd$: massa del secco della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm;

$V' = P'd / \gamma_s$: volume della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm;

γ_s : massa volumica apparente della frazione trattenuta al staccio UNI EN 20 mm.

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di massa volumica (non essendo possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHTO Mod. di laboratorio), per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di carico con piastra a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92) per la determinazione dei moduli di deformazione M_d e M'_d .

La determinazione del modulo M'_d al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione M'_d al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione M_d al primo ciclo di carico non dovrà, almeno nel 95% delle determinazioni, essere superiore ai limiti previsti nella *Tabella.24* per i rispettivi livelli di traffico.

Portanza

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito soddisfino le richieste degli elaborati di progetto e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa. La metodologia d'indagine impiegata dovrà essere tale da fornire parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione. A tale scopo sono ammesse sia prove puntuali (prove di carico con piastra) per la determinazione del Modulo di deformazione (M_d) dello strato, sia prove di deflessione ad elevato rendimento per la determinazione del Modulo elastico dinamico (M_{ed}).

Il Modulo di deformazione (M_d) dello strato deve essere quello inserito nel progetto della pavimentazione e viene determinato impiegando la metodologia indicata nella norma (CNR 146/92).

Il Modulo elastico dinamico (M_{ed}) dello strato deve essere quello utilizzato nel progetto della pavimentazione e viene determinato mediante la misura della portanza dello stesso, effettuata con una macchina a massa battente (Falling Weight Deflectometer-FWD) dotata di misuratori di abbassamento (deflessione) operanti su 9 punti di una linea a distanza prefissata dalla piastra di carico, nel modo qui di seguito descritto :

- a) la massa battente da usare e l'altezza di caduta verranno stabilite, mediante prove da effettuare prima della misura, in modo da non lasciare deformazioni permanenti sotto la piastra; l'altezza di caduta o la massa battente, se ciò succede, dovranno essere ridotte fino ad avere una deformazione di tipo elastico;
- b) le misure verranno effettuate nelle condizioni stabilite al punto precedente, controllando che comunque anche in altre zone di prova non si abbia deformazione plastica; il Modulo elastico dinamico dello strato di fondazione verrà calcolato interpretando le misure mediante specifico software di retrocalcolo di riconosciuta validità da parte dell'Amministrazione.

In assenza di specifiche indicazioni di progetto, che stabiliscano soglie minime diverse, i valori dei moduli di deformazione M_d (valutati attraverso prova di carico con piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm²) ed i valori dei moduli elastici dinamici M_{ed} non dovranno essere inferiore ai valori limite.

Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti tutti i valori di portanza dello strato di fondazione dovranno essere non inferiori ai valori limite previsti.

Tolleranze sui risultati

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

Per ciascun tipo di prova, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella suddetta.

Negli altri casi si può accettare che su n. 5 risultati di una stessa prova di controllo n. 1 possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento da tali valori non ecceda:

il 3%, per la misura del grado di addensamento;

il 5%, per le misure dei moduli M_d e M'_d .

Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico dinamico M_{ed} ricavata da almeno 12 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%.

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto in Progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati.

TABELLA.24 - FREQUENZA DEI CONTROLLI E REQUISITI PRESTAZIONALI DEGLI STRATI FINITI

CONTROLLI	TRAFFICO	
	PP o P	M o L
Grado di addensamento $\gamma_d/\gamma_{dmax, laboratorio}$ [%]	≥ 98 % AASHTO Mod.	≥ 95 % AASHTO Mod.
Rapporto M'_d / M_d	$\geq 2,0$	$\geq 2,3$
Modulo di deformazione M_d [N/mm ²]	≥ 100 (o della prestazione prevista in Progetto)	≥ 80 (o della prestazione prevista in Progetto)
Modulo elastico dinamico equivalente M_{ed} [N/mm ²]	≥ 190 (o della prestazione prevista in Progetto)	≥ 150 (o della prestazione prevista in Progetto)
Spessore degli strati	spessore di progetto	spessore di progetto
Scostamento con regolo da 4 m	< 10 mm dai piani di Progetto	< 10 mm dai piani di Progetto

Art. 10 STRATI DI FONDAZIONE, SOTTOBASE E BASE IN MISTI A LEGANTE IDRAULICO E/O BITUMINOSO

Le miscele per strati di fondazione, di sottobase e di base trattate in questo articolo si distinguono in misti cementati e miscele ottenute da riciclaggio in sito di strati esistenti in misto cementato e/o granulare con l'aggiunta di cemento e/o bitume schiumato e/o emulsione bituminosa. Lo spessore da assegnare agli strati è fissato dal progetto o, in carenza, dalla Direzione Lavori.

10.1 MISTO CEMENTATO

10.1.1 Generalità e definizioni

Il misto cementato può essere costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego (misto granulare) o aggregati riciclati trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 Febbraio 1998 (§53.2.3), confezionata in impianto con un legante idraulico (cemento) ed acqua. L'aggregato grosso è quello di dimensione d uguale o maggiore di 1 mm e D maggiore di 2 mm, dove con d si indica la dimensione dello staccio inferiore e con D quella dello staccio superiore.

L'aggregato fine è quello di dimensione d uguale a zero e D minore o uguale a 6.3 mm.

La miscela di aggregati e legante deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole ed apprezzabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

10.1.1 Qualificazione dei materiali

Aggregati lapidei di primo impiego

L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella *Tabella.25*

L'aggregato fine deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella *Tabella.26*.

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

TABELLA.25 - REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO DI PRIMO IMPIEGO PER LA FORMAZIONE DI MISTI CEMENTATI

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livelli di traffico
Parametro	Normativa		PP e P
Resistenza alla frantumazione Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	40
Resistenza al gelo/ disgelo	C.N.R. n. 80	%	≤ 30

(DS _{la})(*)			
Percentuale di particelle frantumate	UNI EN 933-5	%	≥ 30
Passante allo staccio 0.063 mm	UNI EN 933-8	%	≤ 1
(*) In zone considerate soggette al gelo			

TABELLA.26 - REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE DI PRIMO IMPIEGO PER LA FORMAZIONE DI MISTI CEMENTATI

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livelli di traffico
Parametro	Normativa		PP e P
Rocce tenere, alterate o scistose	CNR BU 104/84	%	≤ 1
Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento	CNR BU 104/84	%	≤ 1
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	30 ≤ Es ≤ 60
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25

Aggregati riciclati

L'intrinseca variabilità di provenienza dei materiali che compongono gli aggregati riciclati impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti omogenei

Requisiti di composizione

Il misto granulare riciclato per la formazione del misto cementato dovrà essere costituito da aggregati riciclati.

Requisiti fisico-meccanici

Per gli elementi dell'aggregato grosso devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella *Tabella.28*

Per gli elementi dell'aggregato fine devono essere soddisfatti i requisiti indicati nella *Tabella.29*.

TABELLA. 27 - REQUISITI DI COMPOSIZIONE DEGLI AGGREGATI RICICLATI PER LA FORMAZIONE DI MISTI CEMENTATI

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di materiali ferrosi	UNI EN 13285 Appendice A	> 90% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi e fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente (*)	UNI EN 13285 Appendice A	< 5% in massa per ciascuna tipologia
Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie di materia plastica, ecc. (**)	UNI EN 13285 Appendice A	< 0,2% in massa

Altri materiali: metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.	UNI EN 13285 Appendice A	< 0,4% in massa
(*) Decreto Legislativo n.22 del 05/02/1997 e successivi aggiornamenti e integrazioni.		
(**) La massa dei materiali deperibili, gravata di un fattore amplificativi 5, deve essere assegnata alla categoria delle rocce degradabili.		

TABELLA. 28 - REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO DEI MISTI GRANULARI RICICLATI PER LA FORMAZIONE DI MISTI CEMENTATI

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico		
Parametro	Normativa		PP	P	M
Perdita per abrasione "Los Angeles"	UNI EN 1097-2	%	≤ 30	≤ 30	≤ 35
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	30	30	30
Sensibilità al gelo (*)	C.N.R. n. 80	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 35	≤ 35	≤ 35
(*) In zone considerate soggette al gelo					

TABELLA.29 - REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE DEI MISTI GRANULARI RICICLATI PER LA FORMAZIONE DI MISTI CEMENTATI

Indicatori di qualità		Unità di misura	Livello di traffico		
Parametro	Normativa		PP	P	M
Rocce tenere, alterate o scistose	CNR BU 104/84	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Rocce degradabili, solfatiche o reagenti con alcali del cemento	CNR BU 104/84	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 35	≥ 35	≥ 30
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	N.P.	N.P.	≤ 6
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25

Requisiti chimici

I materiali riciclati debbono appartenere alle tipologie 7.1, 7.2, 7.11 e 7.17 del D.M. 05/02/98, n.72. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/98, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802).

Il contenuto totale di solfati e solfuri (Norma UNI EN 1744-1) deve essere ≤ 1 %. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in cemento armato, tale valore deve essere ≤ 0,5 %.

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

Cemento

Il cemento è un legante idraulico, cioè un materiale inorganico finemente macinato che, mescolato con acqua, forma una pasta che rapprende e indurisce a seguito di processi e reazioni di idratazione e che, una volta indurita, mantiene la sua resistenza e la sua stabilità anche sott'acqua.

Saranno impiegati i seguenti tipi di cemento, elencati nella norma UNI EN 197-1: 2001:

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

I cementi utilizzati dovranno rispondere ai requisiti previsti dalla L. 595/65. Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, i cementi utilizzati dovranno essere controllati e certificati come previsto dal DPR 13/9/93 n. 246 e dal D.M. 12/07/93 n. 315. Tale certificazione sarà rilasciata dall'Istituto Centrale per la Industrializzazione e la Tecnologia Edilizia (I.C.I.T.E.), o da altri organismi autorizzati ai sensi del D.M. 12/07/93 n. 315.

Acqua

L'acqua utilizzata nel confezionamento degli strati deve essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica, frazioni limo-argillose e da qualsiasi altra sostanza nociva.

Ceneri volanti

Per modificare le caratteristiche del calcestruzzo possono essere aggiunti materiali inorganici finemente macinati. È ammesso, inoltre, l'utilizzo di ceneri volanti conformi alla norma UNI EN 450:1995, sia ad integrazione dell'aggregato fine sia in sostituzione del cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere, in sostituzione del cemento, per ottenere pari caratteristiche meccaniche, sarà stabilita con prove di laboratorio, nella fase di studio delle miscele e comunque non potrà superare il 40% del peso di cemento indicato in prima istanza. Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

10.1.3 Composizione delle miscele

La miscela di aggregati (misto granulare) da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso quando si utilizzano aggregati lapidei di primo impiego e in quando si utilizzano aggregati riciclati.

TABELLA.30 - REQUISITI GRANULOMETRICI DELLA MISCELA DI AGGREGATI DI PRIMO IMPIEGO PER MISTI CEMENTATI

Serie stacci UNI (mm)	Traffico
	PP e P
	Passante totale in peso
31.5	100
22.4	80/100

20	72/90
12	53/70
8	40/55
4	28/40
2	8/18
0.125	6/14
0.075	5/10

TABELLA.31 - REQUISITI GRANULOMETRICI DELLA MISCELA DI AGGREGATI RICICLATI PER MISTI CEMENTATI

Serie stacci UNI (mm)	Passante totale in peso
31.5	100
20	70/100
14	55/78
10	45/65
4	28/42
2	18/30
0.5	8/18
0.125	5/13
0.063	2/10

Il contenuto di cemento, delle eventuali ceneri volanti dosate in sostituzione del cemento stesso, ed il contenuto d'acqua della miscela, vanno espressi come percentuale in peso rispetto al totale degli aggregati costituenti il misto granulare di base. Tali percentuali saranno stabilite in base ad uno studio della miscela, effettuato in laboratorio, secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 29/72 sulla base del quale verranno anche identificati i valori di massa volumica del secco e di resistenza da utilizzare nelle prove di controllo.

TABELLA.32 - REQUISITI MECCANICI DEI MISTI CEMENTATI

Parametro	Normativa	Valore
Resistenza a compressione a 168 ore	CNR 29/72	$2.5 \leq R_c \leq 4.5 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a trazione indiretta a 168 ore (Prova Brasiliana) ⁴	CNR 97/84	$R_t \geq 0.25 \text{ N/mm}^2$

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7.5 N/mm^2 . Nel caso in cui il misto cementato debba essere impiegato in zone in cui sussista il rischio di degrado per gelo-disgelo, è facoltà della Direzione Lavori richiedere che la miscela risponda ai requisiti della norma SN 640 509a.

10.1.4 Accettazione delle miscele

L'Impresa è tenuta a comunicare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare. Ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione dello studio di composizione

⁴I provini per la prova di trazione indiretta sono gli stessi impiegati per la prova di compressione (CNR BU 29)

effettuato, che non dovrà essere più vecchio di un anno. Dovranno far parte di tale documentazione anche le curve rappresentative delle variazioni del modulo elastico delle miscele, in funzione dei giorni di maturazione: da esse sarà possibile evincere il raggiungimento dei valori di modulo delle miscele previsto nel calcolo della pavimentazione. Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio delle miscele, l'Impresa deve rigorosamente attenersi ad esso. Nella curva granulometrica sono ammessi variazioni delle singole percentuali di aggregato grosso di ± 5 punti e di ± 2 punti per l'aggregato fino. In ogni caso non devono essere superati i limiti del fuso. Per la percentuale di cemento nelle miscele è ammessa una variazione di $\pm 0.5\%$.

10.1.5 Confezionamento delle miscele

Il misto cementato deve essere confezionato mediante impianti automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per evitare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano compromettere la pulizia degli aggregati. I cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei pre-dosatori eseguita con la massima cura. Non è consentito il mescolamento di cementi diversi per tipo, classe di resistenza o provenienza. Il cemento e le aggiunte dovranno essere adeguatamente protetti dall'umidità atmosferica e dalle impurità.

10.1.6 Esecuzione dei lavori

Preparazione delle superfici di stesa

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

Posa in opera delle miscele

La stesa verrà eseguita impiegando macchine finitrici vibranti. Il tempo massimo tra l'introduzione dell'acqua nella miscela del misto cementato e l'inizio della compattazione non dovrà superare i 60 minuti. Le operazioni di compattazione dello strato devono essere realizzate con apparecchiature e sequenze adatte a produrre il grado di addensamento e le prestazioni richieste. In generale, è preferibile che le operazioni di addensamento siano eseguite prima con rullo a ruote vibranti e dopo con rullo gommato; in alternativa si possono utilizzare rulli misti vibranti-gommati. L'idoneità dei mezzi di costipamento verrà determinata dalla Direzione Lavori sulla base dei risultati ottenuti su stese sperimentali in campo prove utilizzando le stesse miscele messe a punto con lo studio di laboratorio.

La stesa della miscela non deve di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e mai sotto la pioggia. Nel caso in cui le condizioni climatiche (temperatura, soleggiamento, ventilazione) comportino una elevata velocità di evaporazione, è necessario provvedere ad una adeguata protezione delle miscele sia durante

il trasporto che durante la stesa. Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non deve superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti devono adottarsi nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Il giunto di ripresa deve essere 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 si deve, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa.

Protezione superficiale dello strato finito

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e finitura dello strato, deve essere applicato un velo protettivo di emulsione bituminosa acida al 55% in ragione di 1-2 kg/m² (in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposto) e successivo spargimento di sabbia. Il tempo di maturazione protetta non dovrà essere inferiore a 72 ore, durante le quali il misto cementato dovrà essere protetto dal gelo. Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate sono consentite solo se previste nella determinazione della resistenza raggiunta dal misto. Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche o da altre cause devono essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

10.1.7 Controlli

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

Controllo delle forniture

Oltre ai controlli iniziali necessari per l'accettazione, anche in corso d'opera, per valutare che non abbiano a verificarsi variazioni nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei Lavori. Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego o riciclati impiegati per la formazione del misto cementato, deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella *Tabella.33* e nella *Tabella.34* per ogni tipo di controllo da effettuare, salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione dei Lavori.

Controlli delle miscele prelevate in fase di posa in opera

Il prelievo del misto cementato fresco avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i controlli della distribuzione granulometrica dell'aggregato e la verifica delle caratteristiche di resistenza meccanica. La resistenza a compressione di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori di 4 provini, confezionati e portati a rottura secondo quanto previsto dal CNR B.U. n.29/72. La resistenza a trazione indiretta di ciascun prelievo sarà ottenuta come media dei valori determinati su 4 provini, confezionati secondo quanto previsto

dal B.U. CNR n.29/72 e portati a rottura secondo quanto previsto dal CNR B.U. n.97/84. I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nella documentazione presentata prima dell'inizio dei lavori.

TABELLA.33 - FREQUENZA DEI CONTROLLI E REQUISITI DELLE FORNITURE DEI MISTI GRANULARI DI PRIMO IMPIEGO

Controllo	Frequenza
Aggregato grosso	Settimanale
Aggregato fino	Settimanale
Granulometria	Settimanale

TABELLA.34 - FREQUENZA DEI CONTROLLI E REQUISITI DELLE FORNITURE DEI MISTI GRANULARI RICICLATI

Controllo	Frequenza
Materiali componenti	Iniziale e per ogni lotto impiegato
Aggregato grosso	Iniziale e per ogni lotto impiegato
Aggregato fino	Iniziale e per ogni lotto impiegato
Granulometria	Iniziale e per ogni lotto impiegato

Controlli prestazionali sugli strati finiti

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alle caratteristiche del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHTO di laboratorio e attraverso il controllo della capacità portante. A compattazione ultimata, la massa volumica in sito non deve essere inferiore al 98% del valore di riferimento (ottimo) misurato in laboratorio sulla miscela di progetto e dichiarato prima dell'inizio dei lavori. Le misure della massa volumica sono effettuate secondo quanto previsto dal B.U. CNR N. 22.

Portanza e detrazioni

La misura della portanza deve accertare che le prestazioni dello strato finito siano non inferiori a quelle previste nel Progetto delle sovrastrutture e siano conformi a quanto dichiarato prima dell'inizio dei lavori nella documentazione presentata dall'Impresa. La metodologia di indagine impiegata dovrà essere tale da fornire, parametri di controllo identici, o comunque direttamente confrontabili, con quelli utilizzati nel calcolo della pavimentazione.

TABELLA.35 - FREQUENZA DEI CONTROLLI E REQUISITI DEI MISTI CEMENTATI PRELEVATI NELLA FASE DI POSA IN OPERA

Controllo	Frequenza
Granulometria miscela	Giornaliera oppure ogni 2500 m ² di stesa
Resistenza a compressione a 168 ore (CNR B.U. n.29/72)	Giornaliera oppure ogni 2500 m ² di stesa
Resistenza a trazione indiretta a 168 ore (Prova brasiliana) (CNR B.U. n.97/84) (*)	Giornaliera oppure ogni 2500 m ² di stesa
(*) I provini per la prova di trazione indiretta sono dello stesso tipo di quelli confezionati per la prova di compressione (CNR B.U. 29)	

A tale scopo, sono ammesse sia prove puntuali (prove di carico con piastra secondo la Norma CNR B.U. n. 146/92) sia prove ad elevato rendimento eseguite con il Falling Weight Deflectometer (ASTM D4694/96) per la determinazione del modulo elastico dinamico E . Sono ammesse sia prove effettuate direttamente sullo strato (prove di carico con piastra, rilievo delle deflessioni con Falling Weight Deflectometer), sia prove effettuate sullo strato ricoperto (con Falling Weight Deflectometer).

In ogni caso i valori dei moduli di deformazione M_d valutati al primo ciclo di carico nell'intervallo tra 0,15 e 0,25 N/mm² secondo la Norma CNR B.U. n.146/1992, rilevati in un tempo compreso tra 3 e 12 ore dal termine della compattazione, non potranno essere inferiori ai valori limite riportati nella *Tabella.36*, o ai limiti indicati in Progetto quando questi ultimi siano superiori.

I valori del modulo elastico dinamico M_{ed} ricavati con il Falling Weight Deflectometer da rilievi effettuati dopo 7 giorni o dopo 60 giorni dalla posa in opera non potranno essere inferiori ai valori limite riportati nella *Tabella.36*, o ai valori indicati nel Progetto quando questi ultimi siano superiori.

In alternativa alle misure di portanza, è ammesso il controllo basato sulla resistenza a compressione e sulla resistenza a trazione indiretta del materiale prelevato all'atto della stesa. Al momento della costruzione degli strati di pavimentazione sovrastanti, tutti i valori di portanza dello strato di misto cementato dovranno essere non inferiori ai valori limite previsti.

Tolleranze sui risultati

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

Per ciascun tipo di prova, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime.

Negli altri casi si può accettare che su n. 5 risultati di una stessa prova di controllo n. 1 possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento da tali valori non ecceda:

il 3%, per la misura del grado di addensamento;

il 5%, per le misure del modulo M_d ;

Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico dinamico M_{ed} , ricavata da almeno 12 determinazioni, non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi, purché lo scostamento stesso non ecceda il 10%.

TABELLA .36 - FREQUENZA DEI CONTROLLI E REQUISITI PRESTAZIONALI DEGLI STRATI FINITI

CONTROLLI	TRAFFICO			
	PP	P	M	L
Grado di addensamento $\gamma_d/\gamma_{dmax,laboratorio}$ [%]	≥ 98 % AASHO Mod.			
Modulo di deformazione	≥ 150	≥ 150	≥ 120	≥ 120

M_d [N/mm²] (da prova con piastra tra 3 e 12 ore dalla compattazione)	(o della prestazione prevista in progetto)							
Modulo elastico dinamico M_{ed} [N/mm²] (*) (da rilievi con FWD dopo 7 o 60 giorni dalla compattazione)	7 gg. ≥ 2000	60 gg. ≥ 3000	7 gg. ≥ 1600	60 gg. ≥ 2500	7 gg. ≥ 1300	60 gg. ≥ 2000	7 gg. ≥ 1000	60 gg. ≥ 1500
	(o della prestazione prevista in progetto)							
Spessore a mezzo di carotaggi	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto	spessore di progetto
Regolarità dei piani con regolo da 4 m (scostamento)	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto	< 10 mm dai piani di progetto
(*) Per rilievi effettuati tra 7 e 60 giorni dalla posa in opera è ammessa l'interpolazione dei valori limite indicati per i moduli elastici equivalenti "E".								

In funzione del livello di traffico (vedi *Tabella.36*), o comunque sulla base delle indicazioni riportate all'interno della relazione specialistica che costituisce parte integrante del progetto, dovranno essere rispettati i valori minimi prestazionali richiesti a 60gg (M_{ed 60gg}). Se indichiamo con (M_{ed 60gg}) il valore del modulo dinamico ottenuto a seguito delle risultanze sperimentali a 60gg, in caso di mancato raggiungimento di (M_{ed progetto}) saranno applicate le detrazioni riportate *Tabella.37*

TABELLA.37 - DETRAZIONI

se $1.2 \cdot M_{ed \text{ progetto}} > M_{ed \text{ 60gg}} \geq 0.95 \cdot M_{ed \text{ progetto}}$	nessuna detrazione
se $M_{ed \text{ 60gg}} > 1.2 \cdot M_{ed \text{ progetto}}$	10% di detrazione
se $0.95 \cdot M_{ed \text{ progetto}} > M_{ed \text{ 60gg}} \geq 0.90 \cdot M_{ed \text{ progetto}}$	10% di detrazione
se $0.90 \cdot M_{ed \text{ progetto}} > M_{ed \text{ 60gg}} \geq 0.80 \cdot M_{ed \text{ progetto}}$	20% di detrazione
se $M_{ed \text{ 60gg}} < 0.80 \cdot M_{ed \text{ progetto}}$	rifacimento dello strato

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

Le superfici finite devono risultare perfettamente piane, con scostamenti rispetto ai piani di progetto non superiori a 10 mm, controllati mediante regolo rigido di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7/2004) disposto secondo due direzioni ortogonali.

Lo spessore medio dello strato finito deve essere quello previsto nel Progetto, con una tolleranza del 5% purché tale differenza si presenti solo nel 20% dei rilievi effettuati.

Lo spessore dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, facendo la media delle misure (quattro per ogni carota) rilevate sulle carote estratte dalla pavimentazione, scartando i valori con spessore in eccesso, rispetto a quello di progetto, di oltre il 5%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 20% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Art. 11 STRATI DELLA PAVIMENTAZIONE IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO

11.1 MISCELE PER STRATI DI BASE

11.1.1 Strati di base realizzati con conglomerati bituminosi tradizionali a caldo

Generalità e definizioni

I conglomerati bituminosi a caldo sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume, additivi ed eventualmente conglomerato riciclato.

Essi si distinguono in conglomerati bituminosi “tradizionali”, se confezionati con bitume semisolido (tal quale) e conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni, se confezionati con bitume modificato. Tali miscele si utilizzano per realizzare strati di base aventi spessore maggiore o uguale a 9 cm.

Qualificazione dei materiali

Aggregati

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all'eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi.

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

Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più grandi con D minore o uguale a 45 mm e con d maggiore o uguale a 2 mm, dove con D si indica la dimensione dello staccio superiore e con d quella dello staccio inferiore. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base abbinati agli stacci del gruppo 2 della UNI EN 13043.

Deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati di seguito.

TABELLA.38 REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 70

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	30
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 4
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 1

Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più piccole con D minore o uguale a 2 mm e contenente particelle che sono per la maggior parte trattenute su uno staccio di 0.063 mm.

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

TABELLA.39 REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 50
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	N.P.
Limite Liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	≤ 25
Blu di Metilene della frazione 0/0,125 mm	UNI EN 933-9	g/kg	≤ 10

Filler

Il filler è la frazione passante per la maggior parte allo staccio 0,063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati; può essere costituito, inoltre, da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti.

TABELLA.40 REQUISITI DEL FILLER

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Passante allo staccio 0,125 mm	UNI EN 933-1	%	100
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≥ 80
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%	28 - 45
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	°C	8 - 16

Conglomerato riciclato

Per conglomerato riciclato si intende quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di "integrazione", riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella *Tabella.41*. Per il confezionamento di strati di base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza (usura, binder, base).

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

TABELLA.41 COMPOSIZIONI INDICATIVE DEI FORMULATI PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TRADIZIONALI PER STRATI DI BASE

Materiali freschi (% di impiego nella miscela)	Materiali fresati (% di impiego nella miscela)	Attivanti Chimici Funzionali [A.C.F.] (% in peso riferito al bitume)
≥ 70	< 30	< 10

Legante

I bitumi sono composti organici costituiti sostanzialmente da miscele di idrocarburi, completamente solubili in solfuro di carbonio e dotati di capacità legante.

I leganti bituminosi semisolidi impiegati senza alcun trattamento sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione di raffineria impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo tradizionali.

Il bitume deve essere del tipo 50/70 con le caratteristiche indicate nella *Tabella.42*.

I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 12591 per i bitumi puri per applicazioni stradali, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

TABELLA.42 REQUISITI DEL BITUME SEMISOLIDO TAL QUALE PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TRADIZIONALI PER STRATI DI BASE

Parametro		Normativa	Unità di misura
<i>Requisiti essenziali</i>			
Penetrazione a 25°C		UNI EN 1426	<i>dmm</i>
Punto di rammollimento		UNI EN 1427	°C
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%
	Incremento del punto di rammollimento - <i>Severità 1</i>	UNI EN 1427	°C
	Incremento del punto di rammollimento - <i>Severità 2^(*)</i>	UNI EN 1427	°C
	Variazione di massa	-	%
Flash Point		UNI EN ISO 2592	°C
Solubilità		UNI EN 12592	%
<i>Altre proprietà</i>			
Indice di penetrazione ^(*)		UNI EN 12591	-
Viscosità dinamica a 60°C		UNI EN 12596	<i>Pa·s</i>
Punto di rottura (Fraass) ^(*)		UNI EN 12593	°C
Viscosità cinematica a 135°C		UNI EN 12595	<i>mm²/s</i>
^(*) Se si seleziona la <i>Severità 2</i> , essa deve essere associata ai requisiti relativi al punto di rottura Fraass o all'indice di penetrazione o ad entrambi			

Additivi

Per migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi si aggiungono agli aggregati o al bitume dei prodotti naturali o artificiali che prendono il nome di additivi.

Attivanti d'adesione

Gli attivanti d'adesione sono additivi tensioattivi che favoriscono l'adesione bitume - aggregato, utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio va specificato obbligatoriamente nello studio della miscela e può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua. L'attivante di adesione scelto deve presentare, in ogni caso, caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni). Per immettere le sostanze tensioattive nel bitume devono essere impiegate attrezzature idonee, al fine di garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono prodotti studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati in miscele tradizionali. Essi sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare e devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella *Tabella.43*. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto e può essere determinato utilizzando la procedura riportata nella nota ⁵.

⁵ La quantità di ACF da impiegare dipende dalla percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere che si determina mediante la seguente espressione:

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

dove

P_n = percentuale di legante nuovo da aggiungere riferita al totale degli inerti;

P_t = percentuale totale di bitume nella miscela di inerti nuovi e conglomerato di riciclo;

P_v = percentuale di bitume vecchio (preesistente) riferita al totale degli inerti;

P_r = frazione di conglomerato riciclato rispetto al totale della miscela.

Il valore di P_t viene determinato con l'espressione:

$$P_t = 0,035 a + 0,045 b + c d + f$$

dove:

P_t = % di bitume in peso riferita alla miscela totale, espressa come numero intero;

a = % di aggregato trattenuto allo staccio UNI 2 mm;

b = % di aggregato passante allo staccio UNI 2 mm e trattenuto allo staccio 0,063 mm;

c = % di aggregato passante allo staccio 0,063 mm;

d = 0,15 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 11 e 15;

d = 0,18 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 6 e 10;

d = 0,20 per un passante allo staccio 0,063 mm $\square$ 6;

f = parametro compreso normalmente fra 0,3 e 0,8, variabile in funzione dell'assorbimento degli inerti.

Si procede quindi a costruire, in un diagramma viscosità (a 60 °C) - percentuale di rigenerante (rispetto al legante nuovo), una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

K = viscosità della miscela composta dal bitume estratto (metodo ASTM D5404-97) e dal bitume aggiunto nelle proporzioni determinate con le formule precedenti, senza rigenerante.

M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 20% in peso rispetto al bitume aggiunto. La percentuale di rigenerante necessaria si ottiene da questo diagramma mediante interpolazione lineare alla viscosità di 200 Pa*s.

TABELLA.43 REQUISITI DEGLI ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI (ACF)

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298		0,900 - 0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, $\eta = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s	0,03 - 0,05
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso	99,5
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g	1,5-2,5
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume	1
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso	0,8 - 1,0

Miscela

Composizione della miscela

La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per gli strati di base, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare attivato con ACF), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella *Tabella.44*.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31.

TABELLA.44 REQUISITI GRANULOMETRICI DELLA MISCELA DI AGGREGATI

Serie stacci UNI (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	31,5	100
Staccio	20	70 – 95
Staccio	12,5	45 – 70
Staccio	8	35 – 58
Staccio	4	27 – 45
Staccio	2	20 – 35
Staccio	0,5	7 – 21
Staccio	0,25	4 – 15
Staccio	0,125	4 – 10
Staccio	0,063	4 – 8
% di bitume		3,5 – 4,5

TABELLA .45 REQUISITI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE PER STRATI DI BASE STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

METODO VOLUMETRICO	
Condizioni di prova	Unità di misura
Velocità di rotazione	rotazioni/min
Pressione verticale	kPa

Diametro del provino	mm
<i>Risultati richiesti</i>	
Vuoti a 10 rotazioni (*)	%
Vuoti a 100 rotazioni (*) (**)	%
Vuoti a 180 rotazioni (*)	%
(*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8 (**) La massa volumica ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G	

TABELLA.46 REQUISITI MECCANICI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE PER STRATI DI BASE STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Resistenza a trazione indiretta ITS a 25 °C (***) (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,0 – 1,6
Coefficiente di trazione indiretta CTI ⁶ a 25 °C (***) (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	50 – 300
Sensibilità all'acqua ITSR a 25 °C (***) (UNI EN 12697-12)	%	≥ 75
(***) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

Sui provini confezionati al 100% della D_G deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidezza (UNI EN 12697-26:2004 allegato C) che deve soddisfare le prescrizioni per esso indicate nel progetto della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per i controlli alla stesa. In mancanza di specifiche indicazione del progetto il modulo di rigidezza a 20°C e rise-time=125 ms (UNI EN 12697-26:2004 allegato C) dovrà rientrare nei limiti riportati.

TABELLA.47 REQUISITI DI RIGIDEZZA DELLE MISCELE DI CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE PER STRATI DI BASE

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valore
Modulo di rigidezza a 20 °C e rise-time=125 ms (UNI EN 12697-26:2004 allegato C)	MPa	12000 – 20000

Accettazione della miscela

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti,

⁶Coefficiente di trazione indiretta:

dove:

ITS = resistenza a trazione indiretta espressa in N/mm²

D = diametro del campione espresso in mm

D_C = spostamento di compressione a rottura espresso in mm

additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

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

Tolleranze sui risultati

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di ± 5 punti percentuali, del contenuto di aggregato fine di ± 2 punti percentuali, del passante allo staccio UNI 0,063 mm di $\pm 1,5$ punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25\%$. I precedenti valori devono essere rispettati sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Esecuzione dei lavori

Confezionamento della miscela

Il confezionamento del conglomerato deve essere eseguito in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione: ogni impianto deve, poi, assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Se è previsto l'impiego di conglomerato riciclato, l'impianto deve essere attrezzato per il riscaldamento separato del materiale riciclato ad una temperatura compresa tra 90°C e 110°C.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata; inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

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

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 160° C.

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

Preparazione della superficie di stesa

La preparazione delle superfici di stesa va eseguita prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

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

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica al 55%, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

Per **mano d'attacco** si intende l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo) al di sopra di una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, con lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia tra i due strati.

Il dosaggio del materiale da impiegare, nonché le sue caratteristiche, variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione: nel caso di nuove costruzioni, si utilizzerà una emulsione bituminosa cationica (al 60% oppure al 65% di legante), dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m². Se il nuovo strato deve essere realizzato sopra una pavimentazione esistente è consigliato l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata avente le caratteristiche riportate in *Tabella.48* dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,35 kg/m².

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

Nel caso in cui il conglomerato bituminoso debba essere steso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55% di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati nella *Tabella.48* e nella *Tabella.49* per ciascun tipo di emulsione.

I leganti a base di bitume impiegati per le mani di ancoraggio e di attacco dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

TABELLA.48 REQUISITI DELLE EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE PER MANI DI ANCORAGGIO E DI ATTACCO

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 13808				
			Cationica 55%		Cationica 60%		Cationica a 65%
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	Classe 2	positiva	Classe 2	positiva
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 53	Classe 4	≥ 58	Classe 5	≥ 63
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 2 mm)	UNI EN 12846-1	s	15 - 45	Classe 3			
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s			10 - 45	Classe 6	10 - 45
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 - 130	Classe 4	70 - 130	Classe 4	70 - 130
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074							
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	mm	≤ 220	Classe 5	≤ 220	Classe 5	≤ 220
Punto di ramollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 35	Classe 6	≥ 35	Classe 6	≥ 35

TABELLA.49 REQUISITI DELLE EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER MANI DI ATTACCO

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 67
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s	10 - 45
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 - 130
Adesività	UNI EN 13614	%	≥ 90
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	mm	≤ 100
Punto di ramollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55
Pendulum test	UNI EN 13588	J/cm ²	≥ 1,4
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 75

Posa in opera della miscela

I conglomerati bituminosi saranno posti in opera mediante macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento: in ogni caso, le vibrofinitrici devono lasciare uno strato finito

perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve 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 deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica 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 devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Si devono programmare e realizzare le sovrapposizioni dei giunti longitudinali tra i vari strati in maniera tale che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il conglomerato dovrà essere trasportato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni; inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

Qualora le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, si dovrà procedere alla sospensione della stesa: gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e deve essere condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

A compattazione ultimata, la superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni in modo tale che un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato vi aderisca uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Si potrà procedere alla stesa della miscela bituminosa dello strato di base solo dopo che sia stata accertata, da parte della Direzione Lavori, la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Controlli

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

Controllo delle forniture

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

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego e del conglomerato da riciclare (fresato) deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna.

I requisiti da soddisfare sono riportati nella *Tabella.50*.

TABELLA.50 CONTROLLO DELLE FORNITURE

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO
Bitume	Cisterna
Aggregato grosso	Impianto
Aggregato fine	Impianto
Filler	Impianto

Controllo della miscela prelevata al momento della stesa

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa.

Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);
- il modulo di rigidezza E (UNI EN 12697-26 allegato C) a 20 °C e rise-time=125 ms.

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) e sensibilità all'acqua a 25 °C (UNI EN 12697-12).

TABELLA.51 CONTROLLI DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Percentuale di bitume e granulometria degli aggregati risultanti dallo studio della miscela
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Modulo di rigidezza E risultante dallo studio della miscela con una tolleranza di $\pm 20\%$ e comunque all'interno dei limiti di progetto

Controlli prestazionali sullo strato finito

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori.

Sulle carote verranno determinati:

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

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

TABELLA.52 CONTROLLI PRESTAZIONALI SULLO STRATO FINITO

TIPO DI CAMPIONE O DI PROVA	UBICAZIONE PRELIEVO O DELLA PROVA	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 5000 m ² di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 5000 m ² di fascia di stesa	≤ % dei vuoti della miscela di progetto + 2%

Tolleranze sui risultati e penali

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

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

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

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

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

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

11.2 MISCELE PER STRATI DI BINDER

11.2.1 Strati di binder realizzati con conglomerati bituminosi a caldo

Generalità e definizioni

I conglomerati bituminosi a caldo sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume, additivi ed eventualmente conglomerato riciclato.

Essi si distinguono in conglomerati bituminosi “tradizionali”, se confezionati con bitume semisolido (tal quale) e conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni, se confezionati con bitume modificato. Tali miscele si utilizzano per realizzare strati di binder aventi spessore maggiore o uguale a 6 cm.

Qualificazione dei materiali

Aggregati

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi, degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all'eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi.

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

Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più grandi con D minore o uguale a 45 mm e con d maggiore o uguale a 2 mm, dove con D si indica la dimensione dello staccio superiore e con d quella dello staccio inferiore. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base abbinati agli stacci del gruppo 2 della UNI EN 13043.

Deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella *Tabella.53*.

TABELLA .53 REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%	≤ 30
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%	≥ 80
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	20
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 4
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 1
Indice appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 30

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Porosità	UNI EN 1936	%	≤ 1,5

Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più piccole con D minore o uguale a 2 mm e contenente particelle che sono per la maggior parte trattenute su uno staccio di 0.063 mm.

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

Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella *Tabella.54*.

TABELLA.54 REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 3

Filler

Il **filler** è la frazione passante per la maggior parte allo staccio 0,063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati; può essere costituito, inoltre, da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso, il filler per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali deve soddisfare i requisiti indicati in *Tabella.55*.

TABELLA.55 REQUISITI DEL FILLER

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Passante allo staccio 0,125 mm	UNI EN 933-1	%	100
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≥ 80
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%	28 - 45
Stiffening Power	UNI EN 13179-1	°C	8 - 16

Conglomerato riciclato

Per conglomerato riciclato si intende quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di "integrazione", riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella *Tabella.54*. Per il confezionamento di strati di binder può essere utilizzato conglomerato riciclato proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura.

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

TABELLA.56 COMPOSIZIONI INDICATIVE DEI FORMULATI PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TRADIZIONALI PER STRATI DI BINDER

Materiali freschi (% di impiego nella miscela)	Materiali fresati (% di impiego nella miscela)	Attivanti Chimici Funzionali [A.C.F.] (% in peso riferito al bitume)
≥ 75	< 25	≤ 5

Legante

I bitumi sono composti organici costituiti sostanzialmente da miscele di idrocarburi, completamente solubili in solfuro di carbonio e dotati di capacità legante.

I leganti bituminosi semisolidi impiegati senza alcun trattamento sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione di raffineria impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo tradizionali.

Il bitume deve essere del tipo 50/70 con le caratteristiche indicate nella *Tabella.57*.

I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 12591 per i bitumi puri per applicazioni stradali, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

TABELLA.57 REQUISITI DEL BITUME SEMISOLIDO TAL QUALE PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TRADIZIONALI PER STRATI DI BINDER

Parametro		Normativa	Unità di misura
<i>Requisiti essenziali</i>			
Penetrazione a 25°C		UNI EN 1426	<i>dmm</i>
Punto di rammollimento		UNI EN 1427	°C
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%
	Incremento del punto di rammollimento - <i>Severità 1</i>	UNI EN 1427	°C
	Incremento del punto di rammollimento - <i>Severità 2</i> ^(*)	UNI EN 1427	°C
	Variazione di massa	-	%
Flash Point		UNI EN ISO 2592	°C
Solubilità		UNI EN 12592	%
<i>Altre proprietà</i>			
Indice di penetrazione ^(*)		UNI EN 12591	-
Viscosità dinamica a 60°C		UNI EN 12596	<i>Pa·s</i>
Punto di rottura (Fraass) ^(*)		UNI EN 12593	°C
Viscosità cinematica a 135°C		UNI EN 12595	<i>mm²/s</i>
^(*) Se si seleziona la <i>Severità 2</i> , essa deve essere associata ai requisiti relativi al punto di rottura Fraass o all'indice di penetrazione o ad entrambi			

Additivi

Per migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi si aggiungono agli aggregati o al bitume dei prodotti naturali o artificiali che prendono il nome di additivi.

Attivanti d'adesione

Gli attivanti d'adesione sono additivi tensioattivi che favoriscono l'adesione bitume - aggregato, utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio va specificato obbligatoriamente nello studio della miscela e può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua. L'attivante di adesione scelto deve presentare, in ogni caso, caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni). Per immettere le sostanze tensioattive nel bitume devono essere impiegate attrezzature idonee, al fine di garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono prodotti studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati in miscele tradizionali. Essi sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare e devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella *Tabella.58*. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto e può essere determinato utilizzando la procedura riportata nella nota ⁷.

TABELLA .58 REQUISITI DEGLI ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI (ACF)

Attivanti Chimici Funzionali (ACF)

⁷La quantità di ACF da impiegare dipende dalla percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere che si determina mediante la seguente espressione:

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

dove

P_n = percentuale di legante nuovo da aggiungere riferita al totale degli inerti;
 P_t = percentuale totale di bitume nella miscela di inerti nuovi e conglomerato di riciclo;
 P_v = percentuale di bitume vecchio (preesistente) riferita al totale degli inerti;
 P_r = frazione di conglomerato riciclato rispetto al totale della miscela.

Il valore di P_t viene determinato con l'espressione:

$$P_t = 0,035 a + 0,045 b + cd + f$$

dove:

P_t = % di bitume in peso riferita alla miscela totale, espressa come numero intero;
 a = % di aggregato trattenuto allo staccio UNI 2 mm;
 b = % di aggregato passante allo staccio UNI 2 mm e trattenuto allo staccio 0,063 mm;
 c = % di aggregato passante allo staccio 0,063 mm;
 d = 0,15 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 11 e 15;
 d = 0,18 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 6 e 10;
 d = 0,20 per un passante allo staccio 0,063 mm ≤ 6 ;

f = parametro compreso normalmente fra 0,3 e 0,8, variabile in funzione dell'assorbimento degli inerti.

Si procede quindi a costruire, in un diagramma viscosità (a 60 °C) - percentuale di rigenerante (rispetto al legante nuovo), una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

K = viscosità della miscela composta dal bitume estratto (metodo ASTM D5404-97) e dal bitume aggiunto nelle proporzioni determinate con le formule precedenti, senza rigenerante.

M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 20% in peso rispetto al bitume aggiunto. La percentuale di rigenerante necessaria si ottiene da questo diagramma mediante interpolazione lineare alla viscosità di 200 Pa*s.

Parametro	Normativa	Unità di misura
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298	
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C
Viscosità dinamica a 160°C, $\eta = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g
Contenuto di acqua	ASTM D - 95	% in volume
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso

Miscela

Composizione della miscela

La composizione indicativa della miscela di tipo tradizionale per strati di binder è riportata nella *Tabella.59*. La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare, da adottarsi per gli strati di binder, deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare attivato con ACF), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31.

TABELLA.59 REQUISITI GRANULOMETRICI DELLE MISCELE DI AGGREGATI

Serie stacci UNI (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	20	100
Staccio	16	80 – 100
Staccio	12,5	65 – 90
Staccio	8	50 – 73
Staccio	4	35 – 55
Staccio	2	25 – 38
Staccio	0,5	11 – 21
Staccio	0,25	6 – 16
Staccio	0,125	4 – 10
Staccio	0,063	4 – 8
% di bitume		4,0 – 5,0

**TABELLA .60 REQUISITI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE PER STRATI DI BINDER
STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO**

METODO VOLUMETRICO	
Condizioni di prova	Unità di misura
Velocità di rotazione	rotazioni/min

Pressione verticale	kPa
Diametro del provino	mm
<i>Risultati richiesti</i>	
Vuoti a 10 rotazioni (*)	%
Vuoti a 100 rotazioni (*)(**)	%
Vuoti a 180 rotazioni (*)	%
(*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8	
(**) La massa volumica ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D_G	

TABELLA.61 REQUISITI MECCANICI DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE PER STRATI DI BINDER STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valori
Resistenza a trazione indiretta ITS a 25 °C (***) (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	1,0 – 1,6
Coefficiente di trazione indiretta CTI ⁸ a 25 °C (***) (UNI EN 12697-23)	N/mm ²	50 – 200
Sensibilità all'acqua ITSR a 25 °C (***) (UNI EN 12697-12)	%	≥ 80
(***) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

Sui provini confezionati al 100% della DG deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (UNI EN 12697-26:2004 allegato C) che deve soddisfare le prescrizioni per esso indicate nel progetto della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per i controlli alla stesa. In mancanza di specifiche indicazione del progetto il modulo di rigidità a 20°C e rise-time=125 ms (UNI EN 12697-26:2004 allegato C) dovrà soddisfare i valori riportati in *Tabella.62*.

TABELLA.62 REQUISITI DI RIGIDEZZA DELLA MISCELA DI CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE PER STRATI DI BINDER

Requisiti meccanici	Unità di misura	Valore
Modulo di rigidità a 20 °C e rise-time=125 ms (UNI EN 12697-26:2004 allegato C)	MPa	8000 – 16000

Accettazione della miscela

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di

⁸Coefficiente di trazione indiretta:

dove:

ITS = resistenza a trazione indiretta espressa in N/mm²

D = diametro del campione espresso in mm

D_C = spostamento di compressione a rottura espresso in mm

accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

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

Tolleranze sui risultati

Nella curva granulometrica saranno ammesse variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso di ± 3 punti percentuali, del contenuto di aggregato fine di ± 2 punti percentuali, del passante allo staccio UNI 0,063 mm di $\pm 1,5$ punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25\%$. I precedenti valori devono essere rispettati sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Esecuzione dei lavori

Confezionamento della miscela

Il confezionamento del conglomerato deve essere eseguito in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione; ogni impianto deve, poi, assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Se è previsto l'impiego di conglomerato riciclato, l'impianto deve essere attrezzato per il riscaldamento separato del materiale riciclato ad una temperatura compresa tra 90°C e 110°C.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata; inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%. Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

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

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 160° C.

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

Preparazione della superficie di stesa

La preparazione delle superfici di stesa va eseguita prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

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

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica al 55%, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

Per **mano d'attacco** si intende l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo) al di sopra di una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, con lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia tra i due strati.

Il dosaggio del materiale da impiegare, nonché le sue caratteristiche, variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione: nel caso di nuove costruzioni, si utilizzerà una emulsione bituminosa cationica (al 60% oppure al 65% di legante), dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,30 kg/m². Se il nuovo strato deve essere realizzato sopra una pavimentazione esistente è consigliato l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,35 kg/m².

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

Nel caso in cui il conglomerato bituminoso debba essere steso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55% di bitume residuo) a condizione che gli indicatori di qualità (valutati sul bitume residuo) e le prestazioni richieste rispettino gli stessi valori riportati nella *Tabella.63* e *Tabella.64* per ciascun tipo di emulsione.

I leganti a base di bitume impiegati per le mani di ancoraggio e di attacco dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

TABELLA.63 REQUISITI DELLE EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE PER MANI DI ANCORAGGIO E DI ATTACCO

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 13808				
			Cationica 55%		Cationica 60%		Cationica a 65%
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva	Classe 2	positiva	Classe 2	positiva
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 53	Classe 4	≥ 58	Classe 5	≥ 63
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 2 mm)	UNI EN 12846-1	s	15 - 45	Classe 3			
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s			10 - 45	Classe 6	10 - 45
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 - 130	Classe 4	70 - 130	Classe 4	70 - 130
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074							
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 220	Classe 5	≤ 220	Classe 5	≤ 220
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 35	Classe 6	≥ 35	Classe 6	≥ 35

TABELLA.64 REQUISITI DELLE EMULSIONI BITUMINOSE MODIFICATE PER MANI DI ATTACCO

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 67
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s	10 - 45
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 - 130
Adesività	UNI EN 13614	%	≥ 90
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55
Pendulum test	UNI EN 13588	J/cm ²	≥ 1,4
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 75

Posa in opera della miscela

I conglomerati bituminosi saranno posti in opera mediante macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento; in ogni caso, le vibrofinitrici devono lasciare uno strato finito

perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve 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 deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica 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 devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Si devono programmare e realizzare le sovrapposizioni dei giunti longitudinali tra i vari strati in maniera tale che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il conglomerato dovrà essere trasportato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni; inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

Qualora le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, si dovrà procedere alla sospensione della stesa: gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e deve essere condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

A compattazione ultimata, la superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni in modo tale che un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato vi aderisca uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del binder verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Controlli

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

Controllo delle forniture

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

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego e del conglomerato da riciclare (fresato) deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna.

I requisiti da soddisfare sono riportati nella *Tabella.65*.

TABELLA.65 CONTROLLO DELLE FORNITURE

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO
Bitume	Cisterna
Aggregato grosso	Impianto
Aggregato fine	Impianto
Filler	Impianto

Controllo della miscela prelevata al momento della stesa

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in *Tabella.66*. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697 -1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);
- il modulo di rigidezza E (UNI EN 12697-26 allegato C) a 20 °C e rise-time=125 ms.

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) e sensibilità all'acqua a 25 °C (UNI EN 12697-12).

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

TABELLA.66 CONTROLLI DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Percentuale di bitume e granulometria degli aggregati risultanti dallo studio della miscela
Conglomerato	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure	Modulo di rigidezza E risultante dallo studio della

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
sfuso		ogni 5.000 m ² di stesa	miscela con una tolleranza di $\pm 20\%$ e comunque all'interno dei limiti di progetto

Controlli prestazionali sullo strato finito

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella *Tabella.67*.

Sulle carote verranno determinati:

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

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

TABELLA.67 CONTROLLI PRESTAZIONALI SULLO STRATO FINITO

TIPO DI CAMPIONE O DI PROVA	UBICAZIONE PRELIEVO O DELLA PROVA	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 5000 m ² di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 5000 m ² di fascia di stesa	$\leq$ % dei vuoti della miscela di progetto + 2%

Tolleranze sui risultati e penali

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

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

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

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

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

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

11.3 STRATI DI USURA IN CONGLOMERATO BITUMINOSO A CALDO

11.3.1 Miscele per strati di usura tradizionali

Generalità e definizioni

I conglomerati bituminosi per strati di usura realizzati a caldo sono miscele, dosate a peso o a volume, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, bitume e additivi ed eventualmente conglomerato riciclato.

Essi si distinguono in conglomerati bituminosi “tradizionali”, se confezionati con bitume semisolido (tal quale) e conglomerati bituminosi ad elevate prestazioni, se confezionati con bitume modificato. Per i conglomerati ad elevate prestazioni sono previsti due tipi di legante, uno a modifica “Medium” ed uno a modifica “Hard”.

Qualificazione dei materiali

Aggregati

Gli aggregati lapidei di primo impiego risultano composti dall’insieme degli aggregati grossi , degli aggregati fini e del filler che può essere proveniente dalla frazione fine o di additivazione: tali aggregati, insieme all’eventuale conglomerato riciclato, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi.

Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensione d uguale o maggiore di 1 mm e D maggiore di 2 mm, dove con d si indica la dimensione dello staccio inferiore e con D quella dello staccio superiore.

Deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati, da elementi naturali a spigoli vivi. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella *Tabella.68*. Per la miscela di aggregato grosso deve essere misurato il valore di CLA per ogni pezzatura utilizzata, compresa la sabbia (roccia di provenienza) ed il fresato: il valore di CLA misurato sulle singole pezzature, escluso il passante a 6.3 mm, deve essere ≥ 40 . Il valore del CLA medio di riferimento della miscela di inerti > 2 mm, viene calcolato con la seguente procedura:

Si misura la massa volumetrica apparente di tutte le pezzature escludendo il passante a 2 mm;

La somma delle percentuali d’impiego per la costruzione della curva granulometrica di progetto di ogni singola pezzatura viene riportata a 100%, in quanto mancanti del passante a 2 mm;

Le nuove percentuali d’impiego vengono trasformate in percentuali volumetriche utilizzando le masse volumetriche apparenti, determinate all’inizio della procedura, e vengono riportate anch’esse a 100% ;

Il valore CLA viene calcolato dalla sommatoria dei prodotti delle percentuali volumetriche di ogni pezzatura utilizzata (compresa la sabbia) per il relativo valore di CLA, divisi per 100 ($\sum CLA_i \cdot MVA_i / 100$).

Nello strato di usura, per ottenere i valori di CLA medio la miscela finale degli aggregati potrà contenere una frazione grossa di natura basaltica o porfirica. In alternativa all’uso del basalto o del porfido si possono utilizzare inerti porosi naturali (vulcanici) od artificiali (argilla espansa “resistente” o materiali similari, scorie d’altoforno, loppe, ecc.) ad elevata rugosità superficiale ($CLA \geq 50$) di pezzatura 5/15 mm, in percentuali in

peso comprese tra il 20% ed il 30% del totale, ad eccezione dell'argilla espansa che deve essere di pezzatura 5/10 mm, con percentuale di impiego in volume compresa tra il 25% ed il 35% degli inerti che compongono la miscela.

Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensione d uguale a zero e D minore o uguale a 6.3 mm. Deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella *Tabella.69*. Per gli aggregati fini il trattenuto allo staccio 2 mm non deve superare il 10 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di $CLA \leq 40$.

Filler

Il **filler** è la frazione passante allo staccio 0.063 mm e proviene dalla frazione fine degli aggregati: può essere costituito, inoltre, da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso, il filler per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali deve soddisfare i requisiti indicati nella *Tabella.70*.

TABELLA.68 REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO

Indicatori di qualità			Livelli di traffico		
Parametro	Normativa	Unità di misura	PP	P	M
Los Angeles ^(*)	UNI EN 1097-2	%	≤ 18	≤ 20	≤ 20
Micro Deval Umida ^(*)	UNI EN 1097-1	%	≤ 15	≤ 15	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	100	100	100
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm	20	20	20
Resistenza al gelo (DS_{la})	UNI EN 1367-1	%	≤ 30	≤ 30	≤ 30
Spogliamento	UNI EN 12697-1	%	0	0	0
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Indice appiattimento	UNI EN 933-3/4	%	≤ 20	≤ 20	≤ 30
Porosità	UNI EN 1936	%	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$	$\leq 1,5$
CLA	UNI EN 1097-8	%	≥ 45	≥ 42	≥ 40
(*) Uno dei due valori dei coeff. Los Angeles e Micro Deval Umida può risultare maggiore (fino a due punti) rispetto al limite indicato, purché la loro somma risulti inferiore o uguale alla somma dei valori limite indicati.					

TABELLA.69 REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE

Indicatori di qualità			Livelli di traffico	
Parametro	Normativa	Unità di misura	PP e P	M
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 780	≥ 770
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%	≤ 2	≤ 2
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	≥ 70	≥ 50

TABELLA.70 REQUISITI DEL FILLER

Tutti i livelli di traffico		
Indicatori di qualità		
Parametro	Normativa	Unità di misura
Spogliamento	prEN12697-11	%
Passante allo 0.125	UNI EN 933-1	%
Passante allo 0.063	UNI EN 933-1	%
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	△ PA

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

Conglomerato riciclato

Per conglomerato riciclato si intende quello proveniente dalla frantumazione in frantoio di lastre o blocchi di conglomerato demolito con sistemi tradizionali, oppure dalla fresatura in sito eseguita con idonee macchine (preferibilmente a freddo). Per ogni lavorazione, le percentuali in peso di materiale fresato definito di "integrazione", riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti riportati nella *Tabella.71*. Il conglomerato riciclato da impiegare nel confezionamento dello strato di usura dovrà provenire esclusivamente dalla fresatura di strati di usura.

La percentuale e la provenienza del conglomerato riciclato da impiegare deve essere obbligatoriamente dichiarata nello studio di progetto della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori.

TABELLA.71 COMPOSIZIONI INDICATIVE DEI FORMULATI PER C.B. DI USURA TRADIZIONALI E A ELEVATE PRESTAZIONI

Tipi di Conglomerato	Materiali freschi (% di impiego nella miscela)	Materiali fresati (% di impiego nella miscela)	Attivanti Chimici Funzionali [A.C.F.] (% in peso riferito al bitume)
CB "Normali"	≥ 80	≤ 20	≤ 5
CBM "Medium"	≥ 80	≤ 20	≤ 5
CBH "Hard"	≥ 90	≤ 10	0

Legante

I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 12591 per i bitumi puri per applicazioni stradali, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

Bitume semisolido (tal quale)

I bitumi sono composti organici costituiti sostanzialmente da miscele di idrocarburi, completamente solubili in solfuro di carbonio e dotati di capacità legante.

I leganti bituminosi semisolidi impiegati senza alcun trattamento sono quei bitumi per uso stradale di normale produzione di raffineria impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi a caldo tradizionali. A seconda della temperatura media della zona di impiego il bitume deve essere del tipo 50/70 oppure 80/100, con preferenza per il 50/70 per le temperature più elevate.

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati: essa sarà rilasciata dal produttore o da un Laboratorio di fiducia dell'Amministrazione.

Bitumi modificati con additivi

I bitumi modificati rappresentano quei leganti per uso stradale di nuova generazione, che garantiscono una maggiore durata a fatica delle miscele bituminose rispetto a quelle impieganti bitumi di base o che riducono l'attitudine alla deformazione permanente dei conglomerati o consentono di ottenere altri risultati non raggiungibili con l'impiego di bitumi semisolidi tal quali.

TABELLA.72 REQUISITI DEL BITUME SEMISOLIDO TAL QUALE PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TRADIZIONALI

Bitume tal quale			
parametro	Normativa	unità di misura	tipo 50/70
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	46-56
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 8
Solubilità	UNI EN 12592	%	≥ 99
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	EN 13072-2	Pa*s	≥ 0,15
Valori dopo RTFOT	UNI EN 12607-1		
Volatilità	EN 12607	%	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	EN 1426	%	≥ 50
Incremento del punto di Rammollimento	EN 1427	°C	≤ 9

La loro produzione avviene in impianti industriali dove vengono intimamente miscelati i bitumi base modifica con polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica e/o altre tipologie di modifica.

I bitumi modificati, in funzione del tipo di modifica, vengono così definiti:

Bitume con modifica “MEDIUM” ;

Bitumi con modifica “HARD”.

Per i bitumi modificati, sia “MEDIUM” che “HARD”, il produttore deve certificare le seguenti caratteristiche: penetrazione a 25°C, punto di rammollimento, recupero elastico a 25°C e la stabilità allo stoccaggio. La certificazione deve accompagnare tassativamente il quantitativo trasportato.

Il produttore deve, inoltre, indicare, nella stessa modulistica di certificazione del prodotto trasportato, le condizioni di temperatura da attuare per le operazioni di: pompaggio, stoccaggio e di lavorazione (miscelazione).

La produzione di bitumi modificati può avvenire anche agli impianti di fabbricazione dei conglomerati bituminosi, certificati in Qualità. In questo caso sul bitume base modifica devono essere controllati almeno i valori del punto di rammollimento P.A. e della penetrazione a 25°C.

Bitumi con modifica MEDIUM

I bitumi con modifica MEDIUM possono essere impiegati nelle miscele di base, binder e usura e vanno usati quando i bitumi tal quali non rientrano nelle caratteristiche richieste o non consentano di ottenere le volute prestazioni dei conglomerati bituminosi per tali strati.

Bitumi con modifica HARD

I bitumi a modifica “HARD”, pur essendo utilizzabili in tutte le miscele, sono però utilizzati per la realizzazione di conglomerati bituminosi ad alto modulo con elevata durata a fatica.

TABELLA.73 REQUISITI DEI BITUMI CON MODIFICA MEDIUM E HARD PER CONGLOMERATI BITUMINOSI AD ELEVATE PRESTAZIONI

Bitume			
Parametro	Normativa	unità di misura	Modifica MEDIUM
Penetrazione a 25°C	EN 1426	dmm	50-70
Punto di rammollimento	EN 1427	°C	≥ 60
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593	°C	≤ - 10
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa*s	≥ 0,25
Ritorno elastico a 25 °C	EN 13398	%	≥ 50%
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN 13399	°C	≤ 3
<i>Valori dopo RTFOT</i>	EN 12607-1		
Volatilità	EN 12607	%	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426	%	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427	°C	≤ 5

Certificazione di qualità

I bitumi modificati da impiegare nelle lavorazioni, devono essere forniti da Produttori “Certificati in Qualità” che dimostrino la disponibilità di un efficiente sistema per il controllo qualitativo della produzione.

I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 12591 per i bitumi puri per applicazioni stradali, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

La D.L. potrà effettuare in contraddittorio ed a spese dell'Impresa, in ogni momento a suo insindacabile giudizio, in cantiere, alla stesa ed in impianto, prelievi e controlli sul prodotto finito.

La non rispondenza dei requisiti, comporta, dopo eventuale ulteriore verifica, la sospensione dei lavori sino alla risoluzione delle anomalie rilevate e/o l'applicazione delle penali previste.

Additivi

Per migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi si aggiungono agli aggregati o al bitume dei prodotti naturali o artificiali che prendono il nome di additivi.

Attivanti d'adesione

Gli attivanti d'adesione sono additivi tensioattivi che favoriscono l'adesione bitume - aggregato, utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio va specificato obbligatoriamente nello studio della miscela e può variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua richieste. L'attivante di adesione scelto deve presentare, in ogni caso, caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180 °C) per lunghi periodi (15 giorni). Per immettere le sostanze tensioattive nel bitume devono essere impiegate attrezzature idonee, al fine di garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Attivanti chimici funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono prodotti studiati appositamente per migliorare la tecnologia del riciclaggio e/o l'impiego di riciclati in miscele tradizionali. Essi sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare. Il dosaggio varia in funzione della percentuale di conglomerato riciclato e delle caratteristiche del bitume in esso contenuto e può essere determinato utilizzando la procedura riportata nella nota ⁹.

⁹La quantità di ACF da impiegare dipende dalla percentuale teorica del bitume nuovo da aggiungere che si determina mediante la seguente espressione:

$$P_n = P_t - (P_v \times P_r)$$

dove

P_n = percentuale di legante nuovo da aggiungere riferita al totale degli inerti;

P_t = percentuale totale di bitume nella miscela di inerti nuovi e conglomerato di riciclo;

P_v = percentuale di bitume vecchio (preesistente) riferita al totale degli inerti;

P_r = frazione di conglomerato riciclato rispetto al totale della miscela.

Il valore di P_t viene determinato con l'espressione:

$$P_t = 0,035 a + 0,045 b + c d + f$$

dove:

P_t = % di bitume in peso riferita alla miscela totale, espressa come numero intero;

a = % di aggregato trattenuto allo staccio UNI 2 mm;

b = % di aggregato passante allo staccio UNI 2 mm e trattenuto allo staccio 0,063 mm;

c = % di aggregato passante allo staccio 0,063 mm;

d = 0,15 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 11 e 15;

d = 0,18 per un passante allo staccio 0,063 mm compreso tra 6 e 10;

d = 0,20 per un passante allo staccio 0,063 mm $\square$ 6;

f = parametro compreso normalmente fra 0,3 e 0,8, variabile in funzione dell'assorbimento degli inerti.

Si procede quindi a costruire, in un diagramma viscosità (a 60 °C) - percentuale di rigenerante (rispetto al legante nuovo), una curva di viscosità con almeno tre punti misurati:

Composizione delle miscele

La miscela degli aggregati di primo impiego e del conglomerato da riciclare deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi contenuti nella *Tabella.74*. La percentuale di legante totale (compreso il bitume presente nel conglomerato da riciclare attivato con ACF), riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella.

Il fuso A è da impiegare per strati di usura con spessori superiori ai 4 cm; il fuso B per spessori compresi tra 3 cm e 4 cm.

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico; in via transitoria, si potrà utilizzare il metodo Marshall, si vedano *Tabella.76*, *Tabella.77*, *Tabella.78*, *Tabella.79*.

TABELLA.74 REQUISITI DEGLI ATTIVANTI CHIMICI FUNZIONALI (ACF)

Attivanti Chimici Funzionali (ACF)		
Parametro	Normativa	Unità di misura
Densità a 25/25°C	ASTM D - 1298	
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D - 92	°C
Viscosità dinamica a 160°C, $\eta = 10s^{-1}$	SNV 671908/74	Pa s
Solubilità in tricloroetilene	ASTM D - 2042	% in peso
Numero di neutralizzazione	IP 213	mg/KOH/g
	ASTM D - 95	% in volume
Contenuto di azoto	ASTM D - 3228	% in peso

TABELLA.75 REQUISITI GRANULOMETRICI DELLE MISCELE DI AGGREGATI

Serie stacci UNI (mm)		Usura
		A
Staccio	31.5	-
Staccio	22.4	-
Staccio	20	100
Staccio	16	-
Staccio	12.5	90 – 100
Staccio	8	70 – 90
Staccio	4	40 – 55
Staccio	2	25 – 38
Staccio	0.5	12 – 21

K = viscosità della miscela composta dal bitume estratto (metodo ASTM D5404-97) e dal bitume aggiunto nelle proporzioni determinate con le formule precedenti, senza rigenerante.

M = viscosità della miscela bitume estratto più bitume aggiunto in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 10% in peso rispetto al bitume aggiunto.

F = viscosità della miscela simile alla precedente in cui una parte del bitume nuovo è sostituita dall'agente rigenerante nella misura del 20% in peso rispetto al bitume aggiunto. La percentuale di rigenerante necessaria si ottiene da questo diagramma mediante interpolazione lineare alla viscosità di 2000 Pa*s.

Staccio	0.25	9 – 16
Staccio	0.125	6 – 11
Staccio	0.063	6 - 10
% di bitume		4,8 – 6,3

TABELLA.76 REQUISITI DELLE MISCELE DI CONGLOMERATO DI USURA TRADIZIONALE E AD ELEVATE PRESTAZIONI STUDIAE CON METODO VOLUMETRICO

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Strato di usura
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	100
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 – 14
Vuoti a 100 rotazioni ^(*)	%	4 – 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2
(*) La densità ottenuta con 100 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G		

Sulla miscela definita con la pressa giratoria (provini confezionati al 98% della DG) deve essere sperimentalmente determinato un opportuno parametro di rigidità (modulo complesso, UNI EN 12697-26:2003) che deve soddisfare le prescrizioni per esso indicate nel progetto della pavimentazione ed ha la funzione di costituire il riferimento per i controlli alla stesa.

TABELLA.77 REQUISITI MECCANICI DELLE MISCELE PER STRATI DI USURA DI CONGLOMERATO BITUMINOSO TRADIZIONALE E AD ELEVATE PRESTAZIONI STUDIAE CON METODO VOLUMETRICO

Requisiti meccanici	Unità di misura	Bitume tal quale	Bitume Medium e Hard
Resistenza a trazione indiretta a 25 °C	N/mm ²	> 0,7	> 0,8
Coefficiente di trazione indiretta a 25 °C ¹⁰	N/mm ²	> 70	> 80

TABELLA.78 REQUISITI DELLE MISCELE DI CONGLOMERATO DI USURA TRADIZIONALE STUDIAE CON METODO MARSHALL

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Strato di usura
Costipamento	75 colpi x faccia	
Risultati richiesti		

¹⁰Coefficiente di trazione indiretta

$CTI = \frac{1}{2} D \cdot R_t / D_c$

dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

D_c = deformazione a rottura

R_t = resistenza a trazione indiretta

Stabilità Marshall	KN	11
Rigidezza Marshall	KN/mm	3–4,5
Vuoti residui (□)	%	3 – 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M		

TABELLA.79 REQUISITI DELLE MISCELE DI CONGLOMERATO DI USURA AD ELEVATE PRESTAZIONI STUDIALE CON METODO MARSHALL

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Strato di usura
Costipamento	75 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	12
Rigidezza Marshall	KN/mm	3–4,5
Vuoti residui (□)	%	3 – 6
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) La densità Marshall viene indicata nel seguito con D _M		

Accettazione delle miscele

Almeno tre mesi prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, per ciascun cantiere di produzione, lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità delle miscele di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, additivi); tali prove devono essere eseguite presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione. Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato. Presso i Cantieri di produzione deve essere a disposizione della Amministrazione un registro, vidimato dalla D.L., in cui siano riportati tutti i controlli di qualità operati dall'impresa con i risultati ottenuti.

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

Tolleranze sui risultati

Nella curva granulometrica dello strato di usura sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di ± 3 punti percentuali; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino contenuti in ± 2 punti percentuali; scostamenti del passante allo staccio UNI 0,063 mm contenuti in $\pm 1,5$ punti percentuali. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25\%$. I precedenti valori devono essere rispettati

sia dalle miscele prelevate alla stesa, sia dalle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio.

Esecuzione dei lavori

Confezionamento delle miscele

Il confezionamento del conglomerato deve essere eseguito in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

Al fine di garantire il perfetto essiccamento e l'uniforme riscaldamento della miscela, nonché una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati, la produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità. Si possono impiegare anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

In ogni caso, l'impianto deve garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione: ogni impianto deve, poi, assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

Se è previsto l'impiego di conglomerato riciclato, l'impianto deve essere attrezzato per il riscaldamento separato del materiale riciclato ad una temperatura compresa tra 90°C e 110°C.

Per evitare che sostanze argillose e ristagni di acqua possano compromettere la pulizia degli aggregati, la zona destinata allo stoccaggio degli inerti deve essere preventivamente e convenientemente sistemata: inoltre, i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori deve essere eseguita con la massima cura.

Lo stoccaggio del conglomerato bituminoso riciclato deve essere al coperto. L'umidità del conglomerato riciclato prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 4%, Nel caso di valori superiori l'impiego del riciclato deve essere sospeso.

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

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 180° C e quella del legante tra 150° C e 170° C, in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

Preparazione delle superfici di stesa

La preparazione delle superfici di stesa va eseguita prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso allo scopo di garantire una adeguata adesione all'interfaccia mediante l'applicazione, con dosaggi opportuni, di emulsioni bituminose aventi caratteristiche specifiche. A seconda che lo strato di supporto sia in

misto granulare oppure in conglomerato bituminoso la lavorazione corrispondente prenderà il nome rispettivamente di mano di ancoraggio e mano d'attacco.

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

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica al 55%, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 Kg/m².

Per **mano d'attacco** si intende l'applicazione di una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo) al di sopra di una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, con lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia tra i due strati.

Il dosaggio del materiale da impiegare, nonché le sue caratteristiche, variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione: nel caso di nuove costruzioni, si utilizzerà una emulsione bituminosa cationica (al 60 % oppure al 65 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate in *Tabella.80* dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.30 Kg/m². Se il nuovo strato deve essere realizzato sopra una pavimentazione esistente è consigliato l'utilizzo di una emulsione bituminosa modificata, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a 0.35 Kg/m².

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

Nel caso in cui il conglomerato bituminoso debba essere steso su pavimentazione precedentemente fresata, è ammesso l'utilizzo di emulsioni bituminose cationiche e modificate maggiormente diluite (fino ad un massimo del 55 % di bitume residuo).

Prima dell'inizio dei lavori, ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati.

TABELLA.80 REQUISITI DELLE EMULSIONI BITUMINOSE CATIONICHE PER MANI DI ANCORAGGIO E DI ATTACCO

Indicatore di qualità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%	Cationica	
				55%	60%
Polarità	UNI EN 1430		> 0	> 0	> 0
Contenuto di acqua % peso	UNI EN 1428	%	30 ± 1	45 ± 2	45±2
Contenuto di bitume+flussante	UNI EN 1431	%	70 ± 1	55±2	60±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	0	1-6	1-4
Viscosità Engler a 20 °C	UNI EN 12846	° E	> 20	2-6	5-10
Sedimentazione a 5 gg	UNI EN 1430	%	< 5	< 5	< 10
Residuo bituminoso					
Penetrazione a 25 °C	UNI EN 1426	dmm	50-70	> 70	
Punto di ramollimento	UNI EN 1427	° C	> 65	> 35	> 40
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 1430	%	> 75		

Posa in opera delle miscele

I conglomerati bituminosi saranno posti in opera mediante macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento: in ogni caso, le vibrofinitrici devono lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

Nella fase di stesa si deve 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 deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica 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 devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Si devono programmare e realizzare le sovrapposizioni dei giunti longitudinali tra i vari strati in maniera tale che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

Il conglomerato dovrà essere trasportato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e veloci e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare i raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni: inoltre, la temperatura della miscela all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

Qualora le condizioni meteorologiche generali possano pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, si dovrà procedere alla sospensione della stesa: gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e deve essere condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati.

Per gli strati di base e di binder possono essere utilizzati anche rulli con ruote metalliche vibranti e/o combinati, di idoneo peso e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. Per lo strato di usura può essere utilizzato un rullo tandem a ruote metalliche del peso massimo di 15t.

La compattazione deve essere condotta con la metodologia più adeguata per ottenere uniforme addensamento in ogni punto ed evitare fessurazioni e scorrimenti nello strato appena steso.

A compattazione ultimata, la superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni in modo tale che un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato vi aderisca uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

Si potrà procedere alla stesa della miscela bituminosa dello strato di base solo dopo che sia stata accertata, da parte della Direzione Lavori, la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Prima di stendere il conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato, al fine di garantire l'ancoraggio dei due strati, si dovrà procedere alla rimozione della sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso: nel caso di stesa in doppio strato, essi devono essere sovrapposti nel più breve tempo possibile. Qualora la seconda stesa non sia realizzata entro le 24 ore successive tra i due strati deve essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa in ragione di 0,3 Kg/m² di bitume residuo.

La miscela bituminosa del binder e del tappeto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Controlli

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

Controllo delle forniture

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

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego e del conglomerato da riciclare (fresato) deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna. Il numero dei campioni deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella *Tabella.81* per ogni tipo di controllo da effettuare, salvo diverse e documentate prescrizioni della D.L.

TABELLA..81 CONTROLLO DELLE FORNITURE

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE
Bitume	Cisterna	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa
Aggregato grosso	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa
Aggregato fino	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa
Filler	Impianto	Settimanale oppure ogni 2500 m ³ di stesa

Controllo delle miscele prelevate al momento della stesa

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Il numero dei prelievi da eseguire è riportato in *Tabella.82*. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

la percentuale di bitume (UNI EN 12697 -1/39);

la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2);

la quantità di attivante d'adesione mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23).

In mancanza della Pressa Giratoria e in via transitoria vengono effettuate prove secondo il metodo Marshall per le seguenti determinazioni:

massa volumica (DM), stabilità e rigidezza (prEN 12697-34);

percentuale dei vuoti residui (prEN 12697-8);

perdita di Stabilità dopo 15 giorni di immersione in acqua (EN 12697-12);

resistenza alla trazione indiretta (Prova Brasiliana, EN 12697-23).

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

Per lo strato di usura e per quello di collegamento, viene controllata la deformabilità viscoplastica con prove a carico costante (UNI EN 12697). Il parametro J1 a 10 °C deve essere compreso tra 25 e 40 cm²/(daN*s) mentre lo Jp a 40 °C deve essere compreso tra 14 x 10⁶ e 26 x 10⁶ cm²/(daN*s).

TABELLA.82 CONTROLLI DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Giornaliera oppure ogni 5.000 m ² di stesa	- J1 a 10 °C compreso tra 25 e 40 cm ² /(daN*s) - Jp a 40 °C compreso tra 14 x 10 ⁶ e 26 x 10 ⁶ cm ² /(daN*s).

Controlli prestazionali sugli strati finiti

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori. Il numero di carote da prelevare è riportato nella *Tabella.83*.

Sulle carote verranno determinati:

Lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);

la massa volumica;

la percentuale dei vuoti residui;

il modulo complesso E (UNI EN 12697-26).

Qualora l'altezza ridotta delle carote non consenta l'esecuzione di quest'ultima prova, il modulo complesso verrà determinato su provini confezionati in laboratorio con la corrispondente miscela prelevata in corso d'opera, costipata fino al raggiungimento della massa volumica in situ.

TABELLA.83 CONTROLLI PRESTAZIONALI SUGLI STRATI FINITI

TIPO DI CAMPIONE O DI PROVA	UBICAZIONE PRELIEVO O DELLA PROVA	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 1000 m ² di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 2000 m ² di fascia di stesa	% dei vuoti della miscela di progetto
Prove di portanza	Sito	Ogni 250 m ² di fascia stesa	$E > E$ di progetto o $E > 6000$ MPa
Aderenza e tessitura	Sito	Su tratte di almeno 200 m per un totale pari al 10% della lunghezza complessiva di ogni corsia	$HS \geq 0.4$ mm (media su 50m) $BPN \geq 60$ (ogni 50 m)

Portanza

A discrezione della D.L. potranno essere eseguiti anche controlli di portanza. Per quanto riguarda invece le caratteristiche strutturali degli strati in conglomerato bituminoso messi in opera, il parametro di riferimento è il modulo elastico dinamico che sarà ricavato interpretando una serie di misure di deflessione dinamica effettuate con attrezzature di tipo F.W.D; per l'interpretazione delle misure di deflessione, è necessario conoscere gli spessori degli strati in conglomerato bituminoso della pavimentazione che verranno rilevati dalla D.L. durante l'esecuzione dei lavori e/o potranno essere ricavati mediante una campagna di carotaggi successivi da eseguire con le frequenze riportate in *Tabella.83*.

Per un maggiore dettaglio nella determinazione degli spessori, tale campagna di carotaggi potrà essere integrata dal rilievo in continuo della stratigrafia della pavimentazione eseguito con apparecchiatura georadar equipaggiata con antenne aventi frequenze di 0.6 GHz e 1.6 GHz.

Le prove di deflessione dinamica tipo F.W.D., in relazione al tipo di intervento effettuato e ai controlli che si vogliono effettuare, dovranno rispettare le seguenti modalità di esecuzione:

- A. Pavimentazione nuova o strati legati a bitume completamente rinnovati :

A1: Valutazione del modulo medio complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume (spessore complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume ≥ 10 cm) :

le prove di deflessione dinamica saranno eseguite sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 3° ed il 90° giorno dal termine della stesa dell'ultimo strato.

A2 : Valutazione del modulo dello strato di Base legato a bitume (spessore della Base ≥ 10 cm) e del modulo medio complessivo degli strati di Binder e Usura sovrastanti (spessore complessivo ≥ 4 cm) :

saranno eseguite due serie di prove di deflessione dinamica; la prima serie dovrà essere effettuata, almeno un giorno dopo la stesa, direttamente sulla superficie finita dello strato di base in conglomerato bituminoso mentre la seconda serie dovrà essere effettuata sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 3° ed il 90° giorno dal termine della stesa dell'ultimo strato. Le posizioni delle prove della prima serie dovranno essere identificate in maniera visibile a terra e/o a lato della piattaforma in maniera da poter posizionare le prove della seconda serie esattamente negli stessi punti.

B. - Pavimentazione risanata superficialmente o ricoperta

B1 : Valutazione del modulo complessivo del Pacchetto degli strati legati a bitume rinnovati od aggiunti (spessore complessivo del Pacchetto degli strati rinnovati o aggiunti > 4 cm):

saranno eseguite due serie di prove di deflessione dinamica; la prima serie dovrà essere effettuata entro i 60 giorni precedenti l'intervento sulla vecchia superficie della pavimentazione, mentre la seconda serie dovrà essere effettuata sulla superficie finita della pavimentazione in un periodo di tempo variabile fra il 3° ed il 120° giorno dal termine della stesa dell'ultimo strato. Le posizioni delle prove della prima serie dovranno essere identificate in maniera visibile a terra e/o a lato della piattaforma in maniera da poter posizionare le prove della seconda serie esattamente negli stessi punti.

Le prove di deflessione dinamica verranno interpretate per il calcolo del valore del modulo elastico mediante un programma di retrocalcolo di provata affidabilità e preventivamente accettato da parte della D.L. Il valore del modulo calcolato dovrà essere riportato alla temperatura di riferimento del conglomerato di 20°C secondo curve di correzione proposte dalla D.L. o determinate sperimentalmente sulla stessa pavimentazione..

Nel caso di esecuzione di una doppia serie di prove come descritto al punto B.1 si procederà all'interpretazione delle misure di deflessione della prima e della seconda serie di prove calcolando il modulo complessivo del pacchetto degli strati legati a bitume, rispettivamente, nelle condizioni precedenti l'intervento ed in quelle modificate (dopo la sua realizzazione) per il contributo offerto dagli strati aggiunti o rinnovati. Confrontando le rigidità nelle due condizioni del pacchetto degli strati legati a bitume sarà possibile allora calcolare il modulo elastico complessivo degli strati aggiunti o rinnovati.

Nel caso di esecuzione di una doppia serie di prove come descritto al punto A.2 la procedura da seguire è del tutto identica a quella appena descritta salvo il fatto che dalla prima serie di prove si otterrà il modulo elastico dello strato di Base e dalla seconda serie il modulo medio complessivo di tutto il pacchetto degli strati legati a bitume; confrontando le rigidità nelle due condizioni sarà possibile calcolare il modulo elastico complessivo degli strati superiori (Usura+Binder).

Le prove dinamiche tipo F.W.D. non saranno eseguite con temperature superficiali della pavimentazione oltre i 35°C evitando, nell'avanzata primavera e nella stagione estiva, le ore comprese tra le 10.00 ed il tramonto in giornate particolarmente calde. Le misure di F.W.D. verranno effettuate al massimo ogni 50 m di corsia per aver a disposizione un campione di dati di ampiezza statisticamente accettabile, eccezionalmente, per motivi operativi e di interferenza con il traffico, l'intervallo tra le prove potrà essere esteso fino ad un massimo di 100 m. Per ciascuna tratta con tipo di intervento omogeneo, il numero di prove da eseguire, perché il campione abbia una ampiezza statisticamente accettabile, non deve essere inferiore a 12, qualsiasi sia la sua lunghezza. Per la valutazione delle caratteristiche strutturali si farà riferimento al valore medio del modulo espresso in MPa, ricavato dai valori risultanti dalle misure puntuali di F.W.D., relativo a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere l'intera lunghezza di stesa. Per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 12 punti di misura e nei quali i valori dei moduli elastici sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale". Le tratte omogenee saranno individuate con metodi statistici. I valori dei moduli calcolati non potranno essere inferiori ai valori limite dichiarati nello studio di progetto della miscela o a quelli indicati in progetto quando questi ultimi siano superiori. In assenza di precise indicazioni, il valore del modulo elastico dinamico del pacchetto di strati legati a bitume non dovrà essere inferiore a 6000 MPa.

Caratteristiche superficiali

Sulle pavimentazioni finite dovranno essere eseguite prove per il controllo dei valori di aderenza e macrotestitura superficiale dello strato di usura. Le misure di resistenza ad attrito radente, eseguite con lo Skid Tester secondo la norma CNR 105/85, dovranno fornire valori di BPN (British Pendulum Number) uguali o maggiori di 60; la tessitura superficiale, misurata con l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, deve essere maggiore o uguale a 0.4 mm. In alternativa, per la misura dell'aderenza e della macrotestitura, potranno essere eseguite prove ad alto rendimento utilizzando una delle apparecchiature che hanno partecipato all'esperimento di armonizzazione dell'AIPCR (1992).

I valori di aderenza ottenuti con tali attrezzature dovranno essere ricondotti a valori di BPN utilizzando la relazione per il calcolo dell'IFI (AIPCR 1992), preventivamente accettata dalla D.L., con i coefficienti relativi alla particolare attrezzatura impiegata; in aggiunta potranno essere forniti anche i valori dell'IFI (F60, Sp). Le misure di aderenza e di macrotestitura dovranno essere effettuate in un periodo compreso tra il 60° e il 180° giorno dall'apertura al traffico. Le tratte da misurare, aventi lunghezze pari almeno a 200 m, potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia; in ogni caso, l'aderenza dovrà essere controllata almeno per il 50% della lunghezza complessiva della stesa. Le misure di aderenza e di tessitura dovranno essere effettuate con un "passo di misura" di 10 m e i valori misurati potranno, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per filtrare disomogeneità occasionali e localizzate delle superfici. Per la valutazione delle caratteristiche di aderenza e tessitura superficiale si farà riferimento ai valori medi, ricavati dalle misure puntuali (passo 10 m) o dai valori già mediati ogni 50 m, relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 12 valori dell'indicatore e per cui i valori dell'indicatore sono

distribuiti statisticamente secondo una distribuzione “normale”; i valori così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate.

Le tratte omogenee saranno individuate con una procedura statistica.

Per quanto riguarda le misure di aderenza e tessitura eseguite con il profilometro laser il valore da assumere come riferimento è la media dei quattro valori ottenuti misurando quattro strisciate longitudinali, distanziate in senso trasversale di 50 cm, preferibilmente ubicate nelle zone più battute dalle ruote. Lo strumento fornisce valori di tessitura media ogni 10 m ed ogni 50 m lungo ogni striscia longitudinale, pertanto, ai fini del controllo, dovrà risultare in accordo con le prescrizioni la media (una sola cifra decimale) dei quattro valori ottenuti ogni 50 m (uno per ciascuna striscia longitudinale).

Regolarità

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

inferiore a 1,8 mm/m nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata;

inferiore a 2,0 mm/m nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata.

Le misure di profilo longitudinale dovranno essere eseguite in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico utilizzando un profilometro laser e dovranno essere effettuate con un “passo di misura” di 10 cm.

Dovrà essere rilevato almeno il 50% della lunghezza coperta da ogni singolo cantiere e le tratte da misurare (di lunghezza sempre superiore a 200 m) potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la regolarità risulti non sufficiente o dubbia.

I valori dell'indice IRI verranno calcolati con un “passo” di 20 m a partire dal profilo longitudinale misurato. Per la valutazione della caratteristica di regolarità superficiale, nel caso di utilizzo dell'indice IRI, si farà riferimento ai valori medi, ricavati dai valori puntuali (passo 20 m), relativi a ciascuna tratta omogenea in cui è possibile suddividere la tratta misurata; per tratte omogenee si intendono quei tratti di pavimentazione, nei quali ricadono almeno 12 valori dell'indicatore e per cui i valori dell'indicatore sono distribuiti statisticamente secondo una distribuzione “normale”; i valori di IRI così ricavati dovranno risultare in accordo con le prescrizioni sopra riportate. Le tratte omogenee saranno individuate da un programma di calcolo collegato al programma di restituzione dei dati di regolarità.

Tolleranze sui risultati e penali

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo. Per valori del modulo complesso E inferiori a quelli di progetto, con una tolleranza del 10%, verrà applicata una detrazione dell'1.7 % del prezzo di elenco per ogni punto percentuale di carenza, oltre la tolleranza, del modulo dinamico a compressione. Per le prove deflettometriche ad alto rendimento la media dei valori del modulo elastico dinamico ricavato da almeno 12 determinazioni non deve essere inferiore ai valori limite. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 10% ; per valori del modulo inferiori a tale limite verrà applicata una detrazione dell'1.7% del prezzo di elenco per ogni

punto percentuale di carenza al di sotto di tale limite fino ad un valore minimo del modulo pari al 60% di quello iniziale: valori inferiori a tale limite comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Qualora i valori dei vuoti, determinati sulle carote, risultassero superiori a quelli previsti (ottenuti dalla miscela di progetto proposta dall'Impresa), verrà applicata una detrazione del 2,5% del prezzo di elenco per ogni 0,5% di vuoti in più, fino al valore massimo accettabile (per i vuoti in opera) del 12%: valori dei vuoti superiori al 12% comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa. Qualora il valore medio di BPN o HS, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, sia inferiore ai valori prescritti per ciascun tipo di pavimentazione, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata. I valori della soglia di non accettabilità sono :

BPN = 50

HS = 0,4 mm

Qualora il valore medio di BPN o HS, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m sia inferiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza e alla stesa di un nuovo strato; in alternativa a quest'ultima operazione si potrà procedere all'effettuazione di altri trattamenti di irruvidimento per portare i valori deficitari al disopra della soglia di non accettabilità. Se comunque al termine di tali operazioni non si raggiungessero i valori prescritti, pur essendo i valori di BPN e HS al disopra dei valori inaccettabili, verrà applicata la detrazione del 20% del prezzo.

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

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

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

Qualora il valore medio di IRI, come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea, non soddisfi le condizioni richieste, lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 15% del suo costo, questo fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità pari al valore di 4 mm/m.

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

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

11.3.2 Manti di usura speciali tipo microtappeto

Generalità e definizioni

I manti di usura tipo microtappeto fanno parte di quella tipologia di conglomerati bituminosi detti di *nuova generazione*, impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali a bassa emissione sonora, sono delle miscele tipo open graded che grazie alle particolari caratteristiche granulometriche e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di ottimizzare le prestazioni acustiche senza pregiudicare la durabilità, la stabilità e la sicurezza della circolazione.

Il contributo fornito alla sicurezza stradale da questi manti è elevato e ciò suggerisce una loro maggiore applicazione sia nella costruzione di nuove pavimentazioni, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti.

Il microtappeto si utilizza per realizzare manti di usura dello spessore compreso tra 20 – 25 mm, caratterizzati da una elevata rugosità superficiale, parzialmente drenanti e fonoassorbenti.

Qualificazione dei materiali

Aggregati

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

Gli aggregati impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13043.

Aggregato grosso

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più grandi con D minore o uguale a 45 mm e con d maggiore o uguale a 2 mm, dove con D si indica la dimensione dello staccio superiore e con d quella dello staccio inferiore. La designazione dell'aggregato grosso dovrà essere effettuata mediante le dimensioni degli stacci appartenenti al gruppo di base abbinati agli stacci del gruppo 2 della UNI EN 13043.

Sarà costituito da pietrischi, pietrischetti e graniglie che potranno essere di provenienza e natura petrografia diversa (preferibilmente basaltica), aventi forma poliedrica a spigoli vivi che soddisfino i requisiti indicati nella *Tabella.84*. Per la miscela di aggregato grosso deve essere misurato il valore di levigabilità (PSV) per ogni provenienza o natura petrografica del materiale utilizzato: il valore di PSV misurato sulla pezzatura minima passante allo staccio di 10 mm e trattenuta allo staccio a barre a 7,2 mm, deve essere ≥ 50 .

TABELLA .84 REQUISITI DELL'AGGREGATO GROSSO

Indicatori di qualità				
Parametro	Normativa	Unità di misura		Valore
Los Angeles	UNI EN 1097-2	%		≤ 20
Quantità di frantumato	UNI EN 933-5	%		100
Dimensione max	UNI EN 933-1	mm		8
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%		≤ 4
Spogliamento	UNI EN 12697-11	%		0
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 1	fl
Indice di appiattimento	UNI EN 933-3	%	≤ 20	FI20
Indice di forma	UNI EN 933-4	%	≤ 15	SI15
Porosità	UNI EN 1936	%	$\leq 1,5$	-
PSV	UNI EN 1097-8	%	≥ 50	PSV ₅₀

Aggregato fine

Designazione attribuita agli aggregati di dimensioni più piccole con D minore o uguale a 2 mm e contenente particelle che sono per la maggior parte trattenute su uno staccio di 0.063 mm.

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

Esso deve essere costituito esclusivamente da sabbie ricavate per frantumazione di rocce e da elementi litoidi di fiume e deve possedere le caratteristiche riassunte nella Tabella 12.229.

Il trattenuto allo staccio di 2 mm non deve superare il 10% qualora gli aggregati fini provengano da rocce aventi un valore di $PSV \leq 50$.

TABELLA.85 REQUISITI DELL'AGGREGATO FINE

Indicatori di qualità			VALORE
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Equivalente in Sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 80
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≤ 3

Filler

Il **filler**, frazione passante per la maggior parte allo staccio 0,063 mm, proviene dalla frazione fine degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per i manti di usura tipo micro tappeto deve soddisfare i requisiti indicati nella *Tabella.86*.

TABELLA.86 REQUISITI DEL FILLER

Indicatori di qualità			Valore
Parametro	Normativa	Unità di misura	
Passante allo staccio 0,125 mm	UNI EN 933-1	%	100
Passante allo staccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	%	≥ 80
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Vuoti Rigden	UNI EN 1097-4	%	28 - 45

Stiffening Power	UNI EN 13179-1	°C	8 - 16
------------------	----------------	----	--------

Legante

I conglomerati bituminosi utilizzati per la formazione di manti di usura tipo microtappeto vengono confezionati con bitumi modificati cioè con bitumi semisolidi contenenti polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche: le caratteristiche di tali bitumi sono riportate nella *Tabella.87*.

Per confezionare i manti di usura tipo microtappeto deve essere utilizzato il bitume modificato di tipo Hard. Il rapporto filler – bitume dovrà mantenersi tra 1,1 e 1,7 .

I leganti a base di bitume impiegati dovranno essere qualificati in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all’appendice ZA delle norme europee armonizzate di riferimento: UNI EN 12591 per i bitumi puri per applicazioni stradali, UNI EN 14023 per i bitumi modificati, UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

TABELLA.87 REQUISITI DEI BITUMI CON MODIFICA HARD PER MANTI DI USURA TIPO MICROTAPPETO

Parametro		Normativa	Unità di misura	Specifica UNI EN 14023
<i>Requisiti essenziali</i>				
Penetrazione a 25°C		UNI EN 1426	<i>dmm</i>	45 - 80
Punto di rammollimento		UNI EN 1427	°C	≥ 70
Force Ductility Test a 10°C		UNI EN 13589 UNI EN 13703	<i>J/cm²</i>	≥ 3
Requisiti dopo RTFOT UNI EN 12607-1	Penetrazione residua a 25°C	UNI EN 1426	%	≥ 60
	Incremento del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 8
	Variazione di massa	-	%	≤ 0,5
Flash Point		UNI EN ISO 2592	°C	≥ 250
<i>Altre proprietà</i>				
Punto di rottura (Fraass)		UNI EN 12593	°C	≤ -15
Ritorno elastico a 25°C		UNI EN 13398	%	≥ 80
<i>Ulteriori richieste tecniche</i>				
Intervallo di elastoplasticità		UNI EN 14023	°C	≥ 85
Stabilità allo stoccaggio UNI EN 13399	Variazione del punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 5
	Variazione della penetrazione	UNI EN 1426	<i>dmm</i>	≤ 9

Additivi

Per migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi si aggiungono agli aggregati o al bitume dei prodotti naturali o artificiali che prendono il nome di additivi.

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

Esse possono essere costituite da microfibre di cellulosa, di vetro, acriliche, ecc.: devono possedere i requisiti indicati in *Tabella.88*.

TABELLA.88 REQUISITI DELLE FIBRE MINERALI

Caratteristiche geometrico-meccaniche	Unità di misura	Valore
Lunghezza media bavella	micron	200/300
Diametro medio fibra	micron	8/15
Superficie specifica fibra	cm ² /g	2700
Resistenza alla trazione	GPa	da 1,5 a 2,5
Allungamento massimo	%	da 1,5 a 2,5
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 550

Miscela

Composizione della miscela

La miscela degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi tipo microtappeto deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in *Tabella.89*.

Per migliorare la stabilità del mastice bituminoso la miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre minerali in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto al peso degli aggregati.

Gli strati di usura tipo microtappeto devono avere uno spessore compreso tra 20 – 25 mm. La percentuale di bitume, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa *Tabella.88*.

La quantità di bitume di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico su provini addensati con pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31.

TABELLA.89 REQUISITI GRANULOMETRICI DELLA MISCELA PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TIPO MICROTAPPETO

Serie stacci UNI (mm)		Passante totale in peso %
Staccio	8	100
Staccio	6,3	80 – 100
Staccio	4	53 – 67
Staccio	2	20 – 33
Staccio	0,5	8 – 16
Staccio	0,25	6 – 12
Staccio	0,125	5 – 11
Staccio	0,063	4 – 9
Percentuale di bitume		5,0% – 6,0%
Spessore (mm)		20 – 25

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi tipo microtappeto sono riportate nella *Tabella.90*.

TABELLA.90 REQUISITI DELLA MISCELA PER CONGLOMERATI BITUMINOSI TIPO MICROTAPPETO STUDIATA CON METODO VOLUMETRICO

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova		Unità di misura
Velocità di rotazione		rotazioni/min
Pressione verticale		kPa
Diametro del provino		mm
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni (*)		%
Vuoti a 50 rotazioni (*) (**)		%
Vuoti a 130 rotazioni(*)		%

Resistenza a trazione indiretta ITS a 25 °C (***) (UNI EN 12697-23)	N/mm ²
Coefficiente di trazione indiretta CTI ¹¹ a 25 °C (***) (UNI EN 12697-23)	N/mm ²
Sensibilità all'acqua ITSR a 25 °C (***) (UNI EN 12697-12)	%
(*) Percentuale dei vuoti determinata secondo la UNI EN 12697-8 (**) La massa volumica ottenuta con 50 rotazioni della pressa giratoria viene indicata nel seguito con D _G (***) Su provini confezionati con 50 rotazioni della pressa giratoria	

Accettazione della miscela

Prima dell'inizio delle lavorazioni, l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori lo studio di progetto della miscela che intende adottare, in originale e firmato dal responsabile dell'Impresa. Esso deve essere corredato da una completa documentazione degli studi effettuati e contenere i risultati delle prove di accettazione e d'idoneità della miscela di progetto e di tutti gli elementi che la compongono (aggregati, leganti, additivi). Durante i lavori l'Impresa dovrà attenersi rigorosamente alla formulazione di progetto accettata, operando i controlli di produzione e di messa in opera secondo il Sistema di Qualità da essa adottato.

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

Tolleranze sui risultati

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

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

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

Esecuzione dei lavori

Confezionamento della miscela

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

¹¹ Coefficiente di trazione indiretta:

dove:

ITS = resistenza a trazione indiretta espressa in N/mm²

D = diametro del campione espresso in mm

D_C = spostamento di compressione a rottura espresso in mm

In ciascun impianto, la produzione non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento degli inerti, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

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

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

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

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

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 190° C e quella del legante modificato tra 160° C e 180° C.

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

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

Preparazione della superficie di stesa

Prima di iniziare la stesa del manto di usura microtappeto va verificata l'efficienza delle opere per il deflusso delle acque. Se non sono rispettate le pendenze trasversali del piano di posa (sempre > 2,5%), questo deve essere risagomato; inoltre, devono essere verificate le condizioni di regolarità longitudinale e la presenza di ormaie, per valutare la necessità di eseguire un intervento preliminare di regolarizzazione del piano di posa dello strato di usura. Questi sono necessari qualora l'IRI sia maggiore di 1,8 mm/m e di 2,0 mm/m, rispettivamente per intervento su tutta o su parte della carreggiata, e le ormaie abbiano profondità maggiore di 10 mm. Eventuali interventi preliminari di risanamento profondo o di rinforzo della pavimentazione esistente, necessari a garantire la vita utile richiesta, devono essere previsti in fase di progettazione. E' poi necessario provvedere ad una accurata pulizia della superficie stradale eliminando anche l'eventuale preesistente segnaletica orizzontale. Successivamente, in base alle caratteristiche del piano di posa, si procederà nei modi di seguito descritti:

qualora il tappeto di usura tipo microtappeto debba essere posizionato su di una vecchia pavimentazione fresata, in buone condizioni, senza fessurazioni, verrà stesa come impermeabilizzazione per la struttura sottostante, una membrana sottile realizzata con bitumi modificati tipo Hard spruzzati a caldo (temperatura > 180°C) in ragione di $1,00 \pm 0,2 \text{ kg/m}^2$, mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Per evitare il danneggiamento della membrana

che potrebbe essere causata dall'adesione dei mezzi di cantiere alla stessa, si dovrà provvedere allo spandimento, con apposito mezzo, di graniglia basaltica prebitumata avente pezzatura 4/8 mm, in quantità di circa 6-8 l/m².

Nel caso in cui lo strato di usura tipo microtappeto debba essere realizzato su di una vecchia pavimentazione fresata ma fessurata, si metterà in opera una membrana rinforzata SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer). Essa permette di garantire un perfetto ancoraggio con la pavimentazione esistente, di impermeabilizzare la struttura esistente, di prevenire la risalita di eventuali fessure dagli strati sottostanti e distribuire uniformemente le tensioni dovute al passaggio dei veicoli. La posa in opera della SAMI sarà preceduta dalla pulizia della superficie stradale allo scopo di eliminare polveri ed eventuali detriti dal piano viabile. Per realizzare la SAMI si procederà allo spargimento di bitume modificato tipo Hard a caldo (temperatura > 180°C) in ragione di $2,2 \pm 0,2$ kg/m², mediante apposite macchine spanditrici automatiche in grado di assicurare l'uniforme distribuzione del prodotto ed il dosaggio previsto. Successivamente si provvederà alla stesa immediata della graniglia, avente pezzatura di 8-12 mm, data uniformemente a mezzo di apposito spandigraniglia in quantità di circa 20 l/m². Quest'ultima operazione sarà seguita dal passaggio di rullo gommato e successivamente della motospazzatrice per l'asporto della graniglia non bene ancorata alla membrana.

Nel caso in cui lo strato di usura tipo microtappeto debba essere realizzato su di una pavimentazione in conglomerato bituminoso in buone condizioni, la mano d'attacco impermeabilizzante verrà eseguita con la ragione spruzzatura di una emulsione di bitume, effettuata mediante apposite macchine spanditrici automatiche in di $1,5 \pm 0,2$ kg/m² e successiva granigliatura come descritto al primo punto.

Il legante a base di bitume impiegato per la preparazione della superficie di stesa dovrà essere qualificato in conformità al Regolamento UE 305/2011 sui prodotti da costruzione. Ciascuna fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13808 per le emulsioni di bitume.

TABELLA.91 CARATTERISTICHE MINIME DI ACCETTAZIONE DELL'EMULSIONE DI BITUME MODIFICATO

Parametro	Normativa	Unità di misura	Specifiche UNI EN 13808
Polarità	UNI EN 1430	-	positiva
Contenuto di bitume + flussante	UNI EN 1431	%	≥ 67
Tempo di efflusso a 40°C (viscosimetro da 4 mm)	UNI EN 12846-1	s	10 - 45 Classe 6
Indice di rottura (metodo del filler minerale)	UNI EN 13075-1	-	70 - 130 Classe 4
Adesività	UNI EN 13614	%	≥ 90 Classe 3
Caratteristiche del bitume recuperato per evaporazione UNI EN 13074			
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	dmm	≤ 100 Classe 3
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 55 Classe 2
Pendulum test	UNI EN 13588	J/cm ²	≥ 1,4 Classe 6
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 75 Classe 5

Posa in opera della miscela

La posa in opera dei manti di usura tipo microtappeto viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 3-4 m/min con alimentazione continua del conglomerato. Lo spessore dello strato deve essere posato per la sua intera altezza (spessore compreso tra 20 – 25 mm) con un'unica passata, limitando il più possibile le interruzioni della stesa ed evitando interventi manuali per la correzione delle anomalie. Considerata la marcata rapidità di raffreddamento dei tappeti tipo open graded dipendente dalla elevata porosità degli spessori, va interdetta la stesa a temperatura ambientale inferiore a 8 °C.

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

Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura.

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali con quelli degli strati sottostanti deve essere programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti. Nel caso di tappeti tipo microtappeto, per non ridurre la capacità drenante dello strato, è escluso il ricorso a mani d'attacco con legante bituminoso sul bordo freddo longitudinale della striscia realizzata in precedenza. Eccezionalmente si può riscaldare il bordo della striscia adiacente già stesa con il ristuccatore a raggi infrarossi montato sulla finitrice.

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

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 140° C.

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

Il conglomerato eventualmente compromesso deve essere immediatamente rimosso e successivamente lo strato deve essere ricostruito a spese dell'Impresa.

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

Il costipamento deve essere realizzato mediante rullo statico a ruote metalliche del peso massimo di 10t.

Al termine della compattazione la percentuale dei vuoti della miscela non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

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

La superficie degli strati deve presentarsi, dopo la compattazione, priva di irregolarità ed ondulazioni. Un'asta rettilinea lunga 4 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato deve aderirvi uniformemente; può essere tollerato uno scostamento massimo di 5 mm.

La miscela bituminosa del manto di usura verrà stesa sul piano finito dello strato sottostante dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto.

Controlli

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

Controllo delle forniture

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

Il controllo della qualità dei misti granulari di primo impiego deve essere effettuato mediante prove di laboratorio su campioni prelevati in impianto prima della miscelazione. Il controllo della qualità del bitume dovrà essere eseguito su campioni prelevati all'impianto direttamente dalla cisterna.

TABELLA.92 CONTROLLO DELLE FORNITURE

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO
Bitume	Cisterna
Aggregato grosso	Impianto
Aggregato fine	Impianto
Filler	Impianto

Controllo della miscela prelevata al momento della stesa

Il prelievo del conglomerato bituminoso sfuso avverrà in contraddittorio al momento della stesa. Sui campioni prelevati alla vibrofinitrice saranno effettuati, presso un laboratorio di fiducia dell'Amministrazione, i seguenti controlli:

- la percentuale di bitume (UNI EN 12697-1/39);
- la granulometria degli aggregati (UNI EN 12697-2).

Inoltre, mediante la Pressa Giratoria saranno controllate le caratteristiche di idoneità della miscela. I provini confezionati mediante l'apparecchiatura Pressa Giratoria devono essere sottoposti a prova di resistenza a trazione indiretta a 25 °C (UNI EN 12697-23) e sensibilità all'acqua a 25 °C (UNI EN 12697-12).

I valori rilevati in sede di controllo dovranno essere conformi a quelli dichiarati nello studio di progetto della miscela di cui al 123.

TABELLA.93 CONTROLLI DELLE MISCELE PRELEVATE AL MOMENTO DELLA STESA

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	REQUISITI RICHIESTI
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela

Controlli prestazionali sullo strato finito

Dopo la stesa, la Direzione Lavori preleverà, in contraddittorio con l'Impresa, delle carote per il controllo delle caratteristiche del conglomerato in opera e la verifica degli spessori.

Sulle carote verranno determinati:

lo spessore dello strato (medio di quattro misure in ciascuna carota);

la massa volumica;

la percentuale dei vuoti residui.

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

La percentuale dei vuoti della miscela in sito, nel 95% dei prelievi, non dovrà essere maggiore del 2% rispetto a quella di progetto.

TABELLA.94 CONTROLLI PRESTAZIONALI SULLO STRATO FINITO

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Carote per spessori	Pavimentazione	Ogni 5000 m ² di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Carote vuoti in sito	Pavimentazione	Ogni 5000 m ² di fascia di stesa	$\leq$ % dei vuoti della miscela di progetto + 2%

Caratteristiche superficiali

Sulle pavimentazioni finite dovranno essere eseguite prove per il controllo dei valori di aderenza e macrotestitura superficiale dello strato di usura con le frequenze riportate *Tabella.95*. Le misure di aderenza (resistenza ad attrito radente) eseguite con lo Skid Tester secondo la norma UNI EN 13036-4, dovranno fornire valori di BPN (British Pendulum Number) ≥ 60 . La tessitura superficiale, misurata con l'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia riportata nella UNI EN 13036-1, deve risultare $\geq 0,8$ mm.

TABELLA.95 CONTROLLO DELLE CARATTERISTICHE SUPERFICIALI

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	BPN ≥ 65
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10m di fascia stesa	HS $\geq 0,7$ mm

Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10 m di fascia stesa	$F60 \geq 0,29$
Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 10m di fascia stesa	$SP \geq 68 \text{ km/h}$

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

I valori di aderenza ottenuti con tali attrezzature saranno ricondotti a valori di BPN utilizzando la relazione per il calcolo dell'IFI (AIPCR 1992), preventivamente accettata dalla D.L., con i coefficienti relativi alla particolare attrezzatura impiegata¹²; i valori dell'IFI (F60, S_p) saranno calcolati utilizzando le suddette attrezzature. Le misure di aderenza e di macrotestitura dovranno essere effettuate in un periodo compreso tra il 60° e il 180° giorno dall'apertura al traffico. Le tratte da misurare, aventi lunghezze pari almeno a 200 m, potranno essere localizzate nei punti dove a giudizio della D.L. la tessitura e/o la rugosità risulti non sufficiente o dubbia; in ogni caso, l'aderenza dovrà essere controllata per tutta l'estensione dell'intervento.

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

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

Ai fini di un controllo delle capacità dello strato di usura di ridurre la generazione del rumore da rotolamento sul profilo longitudinale acquisito utilizzando un profilometro laser in un periodo di tempo compreso tra il 15° e il 45° giorno dall'apertura al traffico, lo spettro di tessitura determinato secondo la procedura prevista dalla ISO/CD 13473-4 deve preferibilmente rispettare i requisiti riportati di seguito.

TABELLA.96 SPETTRO DI TESSITURA

¹²Nel caso di misure di BFC eseguite con skiddometer BV11, i valori di BPN e IFI (F60; S_p) si possono calcolare con le relazioni qui riportate, definite con un errore standard della stima pari a 0.029.

dove:

BPN = resistenza di attrito radente (British Pendulum Number)

BFC = coefficiente di aderenza con ruota frenata (Braking Force Coefficient)

V = velocità di esecuzione della misura (km/h)

HS = altezza di sabbia (mm)
(km/h)

(Articolo "L'aderenza su pavimentazioni della viabilità ordinaria misurata con dispositivo a ruota parzialmente frenata", M. Losa, R. Bacci, P. Leandri)

Lunghezza d'onda λ (mm)	Livello di tessitura Ltx (dB)
63,0	$\leq 42,0$
50,0	$\leq 43,0$
40,0	$\leq 44,0$
31,5	$\leq 45,0$
25,0	$\leq 46,0$
20,0	$\leq 47,0$
16,0	$\leq 48,0$
12,5	$\leq 49,0$
10,0	$\leq 50,0$
8,00	$\leq 50,5$
6,30	$\geq 46,5$
5,00	$\geq 46,5$
4,00	$\geq 45,5$
3,15	$\geq 45,0$
2,50	$\geq 44,0$
2,00	$\geq 44,0$

In sito dovrà essere misurata la capacità drenante con il permeametro portatile a colonna d'acqua secondo la norma francese AFNOR NF P 98-254-3 e con la frequenza riportata in *Tabella.97*. La capacità drenante misurata deve essere $\geq 2 \text{ dm}^3/\text{min}$.

TABELLA.97 CONTROLLO DELLA CAPACITÀ DRENANTE

TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
Pavimentazione	Pavimentazione	Su tre postazioni	Capacità drenante $\geq 2 \text{ dm}^3/\text{min}$

Dalla miscela prelevata all'atto della stesa saranno confezionati tre campioni con Pressa Giratoria, ad un numero di rotazioni pari a 50. Sulla faccia superiore dei campioni così preparati e tagliati dello spessore pari a quello di progetto verranno controllate le capacità di fonoassorbimento mediante tubo di impedenza secondo la procedura definita nella UNI EN ISO 10534-2. I valori dei coefficienti di assorbimento acustico devono essere inferiori a quelli riportati in *Tabella.98*, per almeno 5 delle 7 frequenze indicate.

TABELLA.98 CONTROLLO DELLE CAPACITÀ DI FONOASSORBIMENTO

Frequenza (Hz)	400	500	630	800	1000	1250	1600
Coefficiente di assorbimento acustico	$\alpha \geq 0,10$	$\alpha \geq 0,20$	$\alpha \geq 0,20$	$\alpha \geq 0,15$	$\alpha \geq 0,10$	$\alpha \geq 0,10$	$\alpha \geq 0,20$

Regolarità

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

inferiore a 1,8 mm/m nel caso di intervento con strato di superficie steso su tutta la carreggiata;

inferiore a 2,0 mm/m nel caso di intervento limitato a una parte della carreggiata.

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

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

Tolleranze sui risultati e penali

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

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

Per valori di medi di B.P.N. o F60, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, inferiori ai valori prescritti verrà applicata una detrazione del 5% dell'importo dello strato per ogni unità di BPN in meno o una detrazione del 5% per ogni 0,01 unità di F60 in meno, fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata. Tali detrazioni saranno calcolate a riferimento la larghezza complessiva dello strato di rotolamento, anche se le misure interessano una sola corsia.

Per valori di medi di HS o Sp, come definiti in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m, inferiori ai valori prescritti lo strato di rotolamento (quello a diretto contatto con i pneumatici) verrà penalizzato del 50% del suo costo (da calcolare prendendo a riferimento la larghezza complessiva di tale strato anche se le misure interessano una sola corsia), fino al raggiungimento di una soglia di non accettabilità appresso specificata.

Le detrazioni determinate per i diversi parametri di controllo di aderenza e macrotestitura saranno cumulate fino ad un valore massimo del 50%.

I valori della soglia di non accettabilità sono:

- BPN = 55 F60=0,19
- HS = 0,5 mm Sp=45 km/h

Qualora il valore medio di aderenza (BPN o F60) o di macrotessitura (HS o S_p), come definito in precedenza per ciascuna tratta omogenea o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con profilometro laser) sia inferiore o uguale ai valori ritenuti inaccettabili si dovrà procedere gratuitamente all'asportazione completa con fresa dello strato per tutta la sua larghezza ed alla stesa di un nuovo strato.

Per valori della capacità drenante minori dei limiti previsti nella *Tabella.97* verrà applicata una riduzione del 10% del prezzo comprensivo della mano d'attacco.

Non sono ammesse tolleranze sui valori dei coefficienti di assorbimento acustico riportati in *Tabella.98*.

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

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

Qualora in corso di esecuzione, si riscontri irregolarità del piano di posa tale da rendere necessaria una risagomatura, previa autorizzazione della Direzione dei Lavori, si potrà derogare allo spessore medio previsto in progetto.

Per **spessori medi inferiori a quelli di progetto** verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 1,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante oltre la tolleranza pari al 3% dello spessore di progetto.

Carenze superiori al 20% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Per *manto d'usura*, in caso di **spessori medi superiori a quelli di progetto** verrà applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 1,5% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale eccedente oltre la tolleranza pari al 10% dello spessore di progetto.

Eccedenze superiori al 25% dello spessore di progetto comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa. Tale ricostruzione comporterà la rimozione e ricostruzione anche di parte dello strato di binder per mantenere le quote di progetto.

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

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

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

Art. 12 OPERE DI REGIMAZIONE IDRAULICA

12.1 DIFESA IDRAULICA DEL CORPO STRADALE

La difesa idraulica del corpo stradale si realizza mediante opere atte ad agevolare lo smaltimento delle acque meteoriche, impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale, assicurare la stabilità delle scarpate ed eventualmente convogliare sversamenti accidentali sulla carreggiata di inquinanti liquidi negli appositi recapiti protetti.

12.2 CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA

Le acque defluenti dal corpo stradale vengono raccolte in piccoli canali, detti rispettivamente cunette che possono essere in scavo naturale o rivestiti.

Il rivestimento delle cunette e dei fossi di guardia può essere realizzato con calcestruzzo gettato in opera, con elementi prefabbricati in calcestruzzo armato vibrato (C.A.V.), in muratura o con cordonature.

12.2.1 Rivestimento in CLS

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia, deve essere eseguito con conglomerato cementizio per opere di fondazione con $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$, gettato in opera con lo spessore previsto nei disegni di progetto, previa regolarizzazione e costipamento del piano di posa. La lavorazione prevede anche l'uso delle casseforme, la rifinitura superficiale e sagomatura degli spigoli, la formazione di giunti.

12.2.2 Rivestimento in CAV

Gli elementi prefabbricati devono essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2$, armato con rete di acciaio a maglie saldate, del tipo Fe B 44k in fili del diametro non inferiore a 6 mm. Le testate devono essere sagomate ad incastro a mezza pialla.

Le cunette e i fossi di guardia dovranno essere armati con rete a maglie saldate di dimensioni cm 12x12 in fili di acciaio del $\varnothing$ mm 5.

Il prelievo dei manufatti per la preparazione dei provini sarà fatto in ragione di un elemento di cunetta per ogni partita di 100 elementi o fornitura numericamente inferiore.

Gli elementi di forma trapezoidale o ad L, a norma dei disegni tipo di progetto ed a seconda che trattasi di rivestire cunette e fossi in terra di forma trapezoidale o cunette ad L, dovranno avere spessore di cm 6 ed essere sagomati sulle testate con incastro a mezza pialla.

La posa in opera degli elementi dovrà essere fatta sul letto di materiale arido costipato, avendo cura che in nessun posto restino dei vuoti che comprometterebbero la resistenza delle canalette.

E' compresa inoltre la stuccatura dei giunti con malta di cemento normale dosata a Kg. 500.

12.2.3 Cordonature

Gli elementi prefabbricati delle cordonate in calcestruzzo avranno sezione che sarà di volta in volta precisata dalla Direzione dei Lavori.

Saranno di norma lunghi cm 100, salvo nei tratti di curva a stretto raggio o casi particolari per i quali la Direzione dei Lavori potrà richiedere dimensioni minori.

Il calcestruzzo per il corpo delle cordonate dovrà avere una resistenza cubica a rottura a compressione semplice a 28 giorni di maturazione non inferiore a 30 N/mm². Il controllo della resistenza a compressione semplice del calcestruzzo a 28 giorni di maturazione dovrà essere fatto prelevando da ogni parata di 100 pezzi un elemento di cordonata dal quale saranno ricavati 4 provini cubici di cm 10 di lato. Tali provini saranno sottoposti a prove di compressione presso un laboratorio indicato dalla D.L. e sarà assunta quale resistenza a rottura del calcestruzzo la media delle resistenze dei 4 provini.

Le operazioni di prelievo e di prova, da eseguire a cura della D.L. ed a spese dell'Impresa, saranno effettuate in contraddittorio redigendo apposito verbale controfirmato dalla D.L. e dall'Impresa. Nel caso che la resistenza risultante dalle prove sia inferiore al valore richiesto (almeno 30 N/mm²), la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

Tassativamente si prescrive che ciascuna partita sottoposta a controllo non potrà essere posta in opera fino a quando non saranno noti i risultati positivi delle prove.

Gli elementi verranno posati su un letto di calcestruzzo del tipo di fondazione di classe 100. Gli elementi di cordolo verranno attestati, lasciando fra le teste contigue lo spazio di cm 0,5. Tale spazio verrà riempito di malta cementizia dosata a 400 Kg di cemento normale per mc di sabbia, avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura.

12.3 TUBAZIONI

Le tubazioni per la raccolta e lo smaltimento delle acque dal corpo stradale sono di norma realizzate in conglomerato cementizio vibrato (C.A.V.), in P.V.C. rigido o in acciaio.

12.3.1 Tubi in CAV

Devono essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, con dimensione massima dell'inerte grosso pari a 1/4 dello spessore della parete del tubo e $R_{ck} \geq 30$ N/mm². Devono essere fabbricati a regola d'arte, con diametro uniforme e spessori corrispondenti alle prescrizioni in *Tabella.99*; saranno bene stagionati e di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione, senza screpolature e sbavature e muniti di apposite sagomature alle estremità per consentire un giunto a sicura tenuta.

I tubi saranno posati in opera alle livellette e piani stabiliti e su di una platea di calcestruzzo magro a q 2 di cemento per mc di impasto in opera dello spessore più sotto indicato, salvo diversa prescrizione della Direzione dei lavori. Verranno inoltre rinfiancati di calcestruzzo a q 2,50 di cemento per mc di impasto in opera a seconda della sagomatura prevista nei disegni di progetto, previa perfetta sigillatura dei giunti con malta di puro cemento.

TABELLA.99 DIMENSIONI INDICATIVE DEI TUBI E SPESSORE DELLA PLATEA DI POSA

<i>Diametro dei tubi (cm)</i>	<i>Spessore dei tubi (mm)</i>	<i>Spessore della platee (cm)</i>
80	70	20
100	85	25
120	100	30

12.3.2 Tubi in acciaio

Devono avere struttura portante costituita da lamiera di acciaio con profilatura ondulata con onda elicoidale continua da un capo all'altro di ogni singolo tronco.

L'acciaio della lamiera ondulata deve essere del tipo Fe 360, avere caratteristiche rispondenti alle norme AASHO Modificata 167/70 e AASHO Modificata 36/70, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40 %, protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo le norme UNI 5744-66 e 5745-75 con 480 grammi nominali di zinco per faccia e spessore minimo di mm 1.5, con tolleranza ammessa secondo la Norma UNI 2634.

Nella posa in opera sono compresi i raccordi, i tiranti, i profilati di raccordo, la bulloneria ed ogni altro onere per l'esecuzione del lavoro.

Per quanto concerne la loro posa in opera, i tubi devono essere calati negli scavi con mezzi adeguati a preservarne l'integrità e disposti nella giusta posizione per l'esecuzione delle giunzioni

I singoli elementi devono essere depositati il più possibile vicino al posto di montaggio, così da evitare spostamenti notevoli lungo lo scavo.

Salvo quanto riguarda la formazione delle giunzioni, ogni tratto di condotta deve essere disposto e rettificato in modo che l'asse della tubazione unisca con uniforme pendenza diversi punti fissati con appositi picchetti, così da realizzare esattamente l'andamento planimetrico ed altimetrico stabilito nelle planimetrie e nei profili di progetto o comunque disposti dalla Direzione Lavori. Non sono tollerate contropendenze in corrispondenza di punti in cui non fossero previsti scarichi; ove ciò si verificasse, l'Impresa a proprie spese deve rimuovere le tubazioni e ricollocarle in modo regolare come da progetto.

Nessun tratto di tubazione deve essere posato in orizzontale. I bicchieri devono essere possibilmente rivolti verso la direzione in cui procede il montaggio, salvo prescrizioni diverse da parte della Direzione Lavori.

Gli assi dei tubi consecutivi appartenenti a tratte di condotta rettilinea devono essere rigorosamente disposti su una retta. Si ammettono deviazioni fino ad un massimo di 5° (per i giunti che lo consentano) allo scopo di permettere la formazione delle curve a largo raggio. I tubi devono essere disposti in modo da poggiare per tutta la loro lunghezza.

Le tubazioni devono essere interrate in un cavo delle dimensioni previste in progetto, sul cui fondo sarà predisposto del materiale fino di allettamento. Qualora sia previsto, le tubazioni devono essere poste in opera su platea in conglomerato cementizio ed eventualmente rinfiancate. Il conglomerato per la platea ed i rinfianchi deve essere di classe $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$.

Tra tubazione e platea deve essere interposto uno strato di malta dosata a 400 kg/m^3 di cemento.

Il riempimento dei cavi deve essere eseguito mediante calcestruzzo o cemento aerato tipo filcrete costipato con idonei mezzi meccanici.

In tutti gli attraversamenti stradali, ove non fossero presenti cunicoli o controtubi di protezione, si deve provvedere all'annegamento dei tubi in sabbia, curando che il rinterro sulla generatrice superiore non sia inferiore ad 1 m. Ove si dovessero attraversare dei manufatti, deve evitarsi di murare le tubazioni negli stessi, curando al tempo stesso la formazione di idonei cuscinetti fra tubo e muratura a protezione anche dei rivestimenti. Le giunzioni devono essere eseguite secondo la migliore tecnica relativa a ciascun tipo di materiale, con le prescrizioni e le specifiche di dettaglio indicate dal fornitore; non sono ammesse perdite di alcun genere.

12.3.3 Tubi di poli-cloruro di vinile (PVC)

Devono essere costituite da elementi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere che devono essere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma. Devono rispondere per tipo e caratteristiche alle norme UNI 7447-75 tipo 303 e per i controlli alle norme UNI 7448-75.

Ogni elemento deve riportare il “marchio di conformità” I.I.P. n° 103 UNI 312.

I tubi PVC dovranno avere impressi sulla superficie esterna, in modo evidente, il nominativo della ditta costruttrice, il diametro, l'indicazione del tipo e della pressione di esercizio; sulle condotte per acqua potabile dovrà essere impressa una sigla per distinguerle da quelle per altri usi, come disposto dalla Circ. Min. Sanità n. 125 del 18 luglio 1967.

Come previsto dalle norme U.N.I. 7441-75, 7443-75, 7445-75, 7447-75 i tubi si distinguono in:

tipo 311, per fluidi non alimentari in pressione, con temperature fino a 60°;

tipo 312, per liquidi alimentari e acqua potabile in pressione, per temperature fino a 60°;

tipo 313, per acqua potabile in pressione;

tipo 301, per acque di scarico e ventilazione nei fabbricati, per temperature max perm. di 50°;

tipo 302, per acque di scarico, per temperature max perm. di 70°;

tipo 303/1 e 303/2, per acque di scarico, interrate, per temperature max perm. di 40°.

Il Direttore dei lavori potrà prelevare a suo insindacabile giudizio dei campioni da sottoporre a prove, a cure e spese dell'Appaltatore, e qualora i risultati non fossero rispondenti a quelli richiesti, l'Appaltatore sarà costretto alla completa sostituzione della fornitura, ancorché messa in opera, e al risarcimento dei danni diretti ed indiretti.

12.3.4 Tubi di polietilene (PE):

I tubi in PE saranno prodotti con PE puro stabilizzato con nero fumo in quantità del 2-3% della massa, dovranno essere perfettamente atossici ed infrangibili ed in spessore funzionale alla pressione normalizzata di esercizio (PN 2, 5, 4, 6, 10). Il tipo a bassa densità risponderà alle norme U.N.I. 6462-69 e 6463-69, mentre il tipo ad alta densità risponderà alle norme U.N.I. 711, 7612, 7613, 7615.

12.3.5 Tubi drenanti in PVC:

I tubi drenanti saranno in PVC duro ad alto modulo di elasticità, a basso coefficiente di scabrezza, conformi alle D.I.N. 16961, D.I.N. 1187 e D.I.N. 7748.

I tubi si distinguono nei seguenti tipi:

tipo flessibile corrugato a sez. circolare, anche rivestito di filtro in geotessile o polipropilene, fessure di mm 1,3 di larghezza, (d.e. mm da 50 a 200);

tipo rigido a doppia parete corrugato, sez. circolare, fessure di mm 0,8 di larghezza, (d.i. mm da 100 a 250);

tipo tunnel corrugato con suola d'appoggio liscia, fessure mm 0,8 di larghezza (d.n. mm da 80 a 300).

Per i tubi per adduzione di acqua per uso potabile, agricolo, industriale e per fognatura, dovranno essere garantiti i requisiti di cui alle tabelle allegate al D.M. 12 dicembre 1985.

12.3.6 Manufatti prefabbricati:

Gli elementi scatolari prefabbricati in calcestruzzo di cemento, turbovibrocompressi presenteranno sezione nominale interna rettangolare, confezionati con alti dosaggi di cemento a media resistenza ai solfati ed aventi un peso specifico non inferiore a 2.4 t/m^3 , con armatura adeguata in acciaio B450 A/C.

Le condotte dovranno essere conformi alla norma UNI EN 14844:2006+A1:2008 aggiornato alle NTC2018, dovranno essere realizzati secondo i disegni costruttivi. Gli elementi dovranno essere posti in opera su base continua di calcestruzzo a consistenza plastica e resistenza caratteristica non inferiore a $R_{ck} 200$, armata con rete elettrosaldata di acciaio B 450 A/C, stesa sovrapponendo maglia a maglia sulle giunzioni, e risultare rettilinei, compatti, levigati, senza fessure e con estradosso della soletta livellato in modo che in fase di posa gli elementi scatolari possano incastrarsi in modo corretto.

Ciascun elemento dovrà avere una lunghezza non inferiore a quella prevista dal disegno costruttivo e terminare con apposito incastro perimetrale maschio-femmina come definito nello stesso, onde permettere le giunzioni tramite guarnizioni elastomeriche che assicurino la perfetta tenuta idraulica.

Le guarnizioni devono essere conformi alle norme UNI EN 681-1, a profilo cuneiforme adeguatamente inserite e fissate sul maschio tramite apposito mastice al fine di evitare, nella fase di giunzione, deformazioni del profilo e deviazioni dalla posizione rispondente al punto di compressione.

Il lubrificante necessario per ottenere una corretta giunzione deve essere compatibile con la qualità della gomma.

I manufatti non devono presentare alcun foro né per il sollevamento né per la movimentazione; tali operazioni devono essere eseguite con apposita "forca" o chiodi di sollevamento dotati di maniglie adeguate, tramite autogrù di adeguata potenza, l'impresa dovrà essere altresì dotata di idonei mezzi "tiratubi" per l'inserimento della punta maschio nella femmina evitando tassativamente l'uso della benna o similari, nel rispetto del D.Lgs. 494 in riferimento al "Piano di Sicurezza", l'Ente Appaltante darà a questo proposito una stesura di sintesi essenziale dalla quale non si può derogare.

Se necessario le condotte dovranno essere trattate internamente con resine epossidiche dello spessore minimo di 400 micron (due mani).

La D.L. potrà fare verificare a laboratorio di propria fiducia la rispondenza delle condotte, delle armature, della qualità della gomma degli elastomeri, del lubrificante e del rivestimento interno sia per spessore che per composizione, ogni spesa sarà a carico della ditta Aggiudicataria della fornitura.

Nel prezzo è compresa altresì la stuccatura e sigillatura interna dei giunti con idonea malta antiritiro. Le condotte dovranno essere datate e marcate in modo indelebile e chiaramente visibile dalla ditta costruttrice, e dovrà essere fornito in allegato al D.D.T. documento per marcatura CE secondo metodo 2 della norma UNI EN 14844:2006, non saranno accettate se non aventi almeno 20 giorni di stagionatura, inoltre dovranno essere prodotte in stabilimento avente sistema F.P.C. (controllo produzione fabbrica) certificato secondo UNI EN 14844:2006 per elementi scatolari a sezione rettangolare o quadrata prefabbricate in cls.

12.4 CADITOIE STRADALI

Le caditoie stradali sono dispositivi opportunamente sagomati che raccolgono le acque defluenti nelle cunette poste ai lati delle strade o ai bordi di superfici scolanti. Le caditoie sono costituite da un pozzetto di raccolta interrato ispezionabile e manutenibile con un dispositivo di coronamento (griglia) o di chiusura (chiusino).

12.4.1 Pozzetti

I pozzetti di raccolta delle acque sono costruiti in opera o sono prefabbricati. I pozzetti in opera possono essere realizzati in muratura o con conglomerato cementizio; le dimensioni e le caratteristiche dei materiali sono descritte negli elaborati di progetto.

I pozzetti in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio armato e vibrato ed avere le seguenti caratteristiche:

$R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$;

armatura con rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;

spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;

predisposizione per l'innesto di tubazioni.

12.4.2 Griglie e chiusini

Le griglie ed i chiusini vengono impiegati a protezione di pozzetti e canalette. Tutti gli elementi costruttivi devono essere conformi alle norme UNI-EN 124.

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo deve avere diametro superiore a 600 mm.

Griglie, chiusini ed i rispettivi telai di appoggio devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante la norma di riferimento, la classe corrispondente, la sigla e/o il nome del fabbricante.

12.4.3 La tipologia

A bordo strada (max. 0,5 m sulla corsia): griglie e chiusini di classe C250 (25 Ton.).

Sulla carreggiata e aree di parcheggio: griglie e chiusini di classe D400 (40 Ton.).

12.5 EMBRICI

L'allontanamento delle acque di piattaforma dalla scarpata di un rilevato stradale può avvenire tramite scivoli che adducono l'acqua fino al piede della scarpata. Gli elementi devono estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina fino al fosso di guardia. L'elemento più alto è detto invito, i successivi sono detti embrici.

Gli embrici sono costituiti da elementi prefabbricati in C.A.V. realizzati con conglomerato cementizio Rck $\square$ 25 N/mm² ed aventi misure di cm 50/40x50x20 e spessore $\geq$ 5 cm.

Prima della posa in opera l'Impresa deve avere cura di effettuare lo scavo di imposta in funzione della forma dell'elemento e realizzare il piano d'appoggio in modo che risulti debitamente costipato, per evitare eventuali cedimenti dei singoli pezzi.

Alla base dell'elemento posto a quota inferiore, ossia al margine con il fosso di guardia, qualora non esista idonea opera muraria di ancoraggio, l'Impresa deve provvedere a infiggere nel terreno 2 tondini di acciaio $\square$ 24, della lunghezza minima di 80 cm. Il tratto infisso nel terreno deve essere almeno di cm 60, in modo che i tondi sporgano di circa 20 cm. Analoghi ancoraggi devono essere collocati ogni tre embrici in modo da impedire lo slittamento degli elementi. La sommità degli scivoli che si dipartono dal piano viabile deve risultare raccordata con la pavimentazione e con l'arginello mediante apposito imbocco in calcestruzzo gettato in opera o prefabbricato con Rck $>$ 25 N/mm².

La sagomatura dell'invito deve essere configurata in modo che l'acqua non abbia alcun impedimento nel defluire.

12.6 MANTELLATE DI RIVESTIMENTO SCARPATE

Saranno composte da lastre di cm 25x50, spessore di 5 cm, affiancate in modo da ottenere giunti ricorrenti aperti verso l'alto, dove verrà inserita l'armatura di acciaio tanto in senso orizzontale quanto in senso verticale. Le lastre costituenti il rivestimento dovranno essere prefabbricate in calcestruzzo vibrato avente una resistenza cubica a compressione semplice a 28 giorni di maturazione non inferiore a 25 N/mm². Il prelievo dei manufatti per la confezione dei provini sarà fatto in ragione di una lastra per ogni parata di 500 lastre o fornitura numericamente inferiore. Dovranno essere usati stampi metallici levigati affinché la superficie in vista delle lastre risulti particolarmente liscia e piana e gli spigoli vivi.

I bordi dovranno essere sagomati in modo da formare un giunto aperto su tutto il perimetro. L'armatura metallica incorporata nella mantellata dovrà essere composta da barre tonde lisce di acciaio del tipo Fe B 32 k del diametro di 6 mm, disposte nei giunti longitudinali e trasversali ed annegate nella malta di sigillatura nei giunti stessi.

L'armatura dovrà essere interrotta in corrispondenza dei giunti di dilatazione. Le lastre dovranno essere sigillate l'una all'altra con malta di cemento normale dosata a Kg. 500, previa bagnatura dei giunti, lisciata a cazzuola in modo tale da rendere i detti giunti pressoché inavvertibili.

Durante i primi giorni il rivestimento dovrà essere bagnato, onde permettere alla malta di fare una presa razionale e, se occorre, dovrà essere ricoperto con stuoie. I giunti di dilatazione dovranno essere realizzati ogni 4-5 metri trasversalmente all'asse del canale in modo da interrompere la continuità del rivestimento.

Lo spazio risultante dal giunto sarà riempito con materiale bituminoso di appropriate caratteristiche e tale da aderire in maniera perfetta alle lastre cementizie. Nella scelta del bitume si dovrà avere particolare cura, onde evitare colamenti.

Il terreno di posa delle lastre dovrà essere accuratamente livellato e costipato.

12.7 MANTELLATE IN GRIGLIATO ARTICOLATO

Saranno formate da elementi componibili prefabbricati in calcestruzzo vibrato avente resistenza cubica a compressione semplice a 28 giorni di maturazione non inferiore a 30 N/mm², opportunamente armato con tondini di acciaio Fe B 32 K del diametro di mm 6. Il prelievo dei manufatti per la preparazione dei provini sarà fatto in ragione di un elemento di mantellata per ogni parata di 500 elementi o fornitura numericamente inferiore. Ogni elemento avrà dimensioni di circa mq 0,25, con naselli ad incastro a coda di rondine sporgenti dal perimetro, che consentano di ottenere una mantellata continua ed articolata in grado di seguire gli assestamenti delle superfici di posa; lo spessore dell'elemento sia compreso fra i 9 ed i 10 cm e di peso tra i 30 e 35 Kg cadauno, in modo da ottenere una superficie di mantellata con peso di Kg 120÷140 per mq. Ogni elemento dovrà presentare un congruo numero di cavità a tutto spessore la cui superficie globale risulti fra il 35% ed il 40% dell'intera superficie dell'elemento stesso. Potranno essere richiesti elementi speciali provvisti di incastro a snodo articolato su pezzi in calcestruzzo armato, da utilizzarsi in quelle particolari posizioni ove siano previsti sforzi di trazione specie in corrispondenza di cambiamento di pendenza del rivestimento. Potranno essere richiesti inoltre pezzi speciali per la protezione di superfici coniche.

La posa in opera sarà realizzata, previa regolarizzazione e costipamento delle superfici di posa, con il successivo riempimento delle cavità della mantellata con terra vegetale e la semina con idonei miscugli di specie erbacee.

12.8 DRENAGGI

Per impedire infiltrazioni dannose all'interno del corpo stradale si possono realizzare canali drenanti e filtri drenanti al piede di rilevati. Si realizzano drenaggi anche per la raccolta e l'allontanamento di acque di infiltrazione e per riempimenti a tergo di strutture di contenimento.

I drenaggi per il risanamento del corpo stradale e delle zone circostanti inclusi nel progetto, devono essere eseguiti procedendo da monte verso valle per ottenere la regimazione delle acque ed un deflusso regolare.

Per la protezione dei canali e dei filtri dall'intasamento causato da percolazione di parti limose e/o argillose, il drenaggio può essere avvolto in un telo di geotessuto.

12.8.1 Drenaggi del corpo stradale

Materiali

Per la realizzazione di canali drenanti e per drenaggi da eseguirsi a tergo di strutture si devono impiegare materiali aridi costituiti da ciottoli o pietrame di cava.

Il materiale deve essere pulito compatto ed uniforme, sano e privo di parti alterate. Le dimensioni del materiale di norma devono essere comprese fra i 3 ed i 20 cm, comunque conformi alle specifiche prescrizioni di progetto.

Esecuzione

Le opere di drenaggio devono essere realizzate secondo le disposizioni riportate nei disegni di progetto; i riempimenti a tergo di strutture devono essere eseguiti a struttura finita.

12.8.2 Tubazioni perforate per drenaggi

Tubazioni in CAV

Devono essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, ben stagionato, con dimensione massima dell'inerte grosso pari a 1/4 dello spessore della parete del tubo e $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$.

Le caratteristiche, i requisiti, le modalità di posa in opera ed i controlli sono le medesime di quelle contenute nel paragrafo delle tubazioni in C.A.V.

Tubazioni in PVC rigido

Devono essere costituite da tubi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere o manicotto, del tipo non scorrevole ottenuti mediante incollaggio.

Le caratteristiche, i requisiti, le modalità di posa in opera ed i controlli sono le medesime di quelle contenute nel paragrafo delle tubazioni in P.V.C. rigido.

Tubi in acciaio

Le tubazioni a struttura portante costituita da lamiera d'acciaio debbono possedere le caratteristiche, i requisiti e seguire le modalità di posa in opera ed i controlli analoghi a quelli dettagliati nel paragrafo delle tubazioni in acciaio.

12.8.3 Geotessili

Quando occorra proteggere i drenaggi in materiale arido da possibili inquinamenti da materiale coesivo può essere usato il geotessile con funzione di filtro, così da evitare il passaggio delle componenti fini del terreno naturale.

I geotessili sono costituiti, salvo diversa prescrizione specifica, da tessuto non tessuto, a caratteristiche il più possibile isotrope, ottenuto da fibre 100% polipropilene o poliestere di prima qualità (con esclusione di fibre riciclate), agglomerate principalmente mediante sistema di agugliatura meccanica, con esclusione di collanti, resine, additivi chimici e/o processi di termofusione, termocalandratura e termolegatura, salvo che per processi di finitura del prodotto. I geotessili sono denominati a filo continuo quando il filamento ha lunghezza teoricamente illimitata; a fiocco quando la lunghezza del filamento varia da 20 a 100 mm.

I geotessili debbono presentare superficie scabra, essere imputrescibili ed atossici, essere resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore) ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Debbono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. Il materiale deve rispondere ai requisiti minimi riportati nella *Tabella.100*.

TABELLA .100 REQUISITI MINIMI DEL MATERIALE COSTITUENTE IL GEOTESSILE

<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Valore</i>
Peso, in g/m ²	UNI 5114	g/m ²	Secondo progetto
Resistenza a trazione su striscia di cm 5, in N	UNI 8639	kN/m	18
Allungamento, in %	UNI 8639	%	60
Lacerazione, in N	UNI 8279/9	kN/m	0,5
Punzonamento, in N	UNI 8279/14	KN	3
Permeabilità radiale all'acqua, in cm/s	UNI 8279/13	cm/s	0,8
Dimensione della granulometria passante per filtrazione idrodinamica, corrispondente a quella del 95% in peso degli elementi di terreno che attraversano il geotessile.		µm	< 100

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma UNI 8279/Parte 1. I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere effettuate presso Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, successivamente su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

12.8.4 Filtri drenanti granulari

Materiali

Nel caso in cui per i filtri drenanti non sia prevista la protezione con teli di geotessile, per evitare la riduzione della capacità drenante per intasamento da parti fini, la granulometria del materiale di riempimento deve essere tale da soddisfare seguenti criteri (U.S. Army Corps of Engineers):

dove D15 D50 e D85 sono le dimensioni delle particelle individuate nella curva granulometrica al 15, 50 e 85% del passante in peso.

Il materiale deve essere pulito compatto ed uniforme, sano e privo di parti alterate non deve contenere parti fini, di diametro inferiore a 0,074 mm, in misura superiore al 5% in pezzature superiori ai 65 mm.

Posa in opera

I filtri drenanti devono realizzarsi a strati di spessore non superiore a 20 cm, accuratamente costipati con idonei mezzi meccanici.

12.9 CONTROLLI

Per l'accettazione dei materiali, l'Impresa deve presentare alla Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Produttore che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali per ciascun tipo di materiale suddetto.

12.9.1 Calcestruzzo e acciaio

Per il calcestruzzo e l'acciaio utilizzati nei manufatti realizzati in opera il controllo deve essere eseguito secondo quanto previsto nel D.M. LL.PP. 9/01/1996.

12.9.2 Elementi prefabbricati in CAV

Per gli elementi prefabbricati in C.A.V. la Direzione Lavori deve verificare le caratteristiche attraverso i certificati rilasciati dal produttore in osservanza alle norme tecniche di cui al D.M. LL.PP. 9/01/1996.

12.9.3 Griglie e chiusini

Le griglie ed i chiusini devono essere accompagnati da certificato rilasciato da laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che attesti la conformità alle norme UNI-EN 124.

12.9.4 Drenaggi

Per i drenaggi, prima dell'inizio dei lavori l'Impresa deve presentare alla Direzione Lavori certificati che attestino le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale fornito e le cave di provenienza. La Direzione Lavori, deve accertare la bontà del materiale e la corrispondenza alle caratteristiche tecniche di progetto.

Le caratteristiche fisiche del pietrame devono essere accertate seguendo le norme per la determinazione della massa volumica dei granuli (CNR 63/78), per la determinazione della gelività (CNR 80/80) e per la determinazione del coefficiente di imbibizione (CNR 137/92). Le caratteristiche meccaniche del pietrame devono essere determinate seguendo quanto riportato nelle Norme EN 1926/99 per la prova di resistenza alla compressione.

Durante l'esecuzione dei lavori, la Direzione Lavori può prelevare dei campioni del materiale fornito (uno ogni 100 mc di fornitura) per sottoporli a prove di controllo presso laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

12.9.5 Tombini e manufatti di attraversamento del corpo stradale

La Direzione Lavori può ordinare, in qualunque momento, delle prove di controllo da effettuarsi presso laboratori di prova di fiducia dell'Amministrazione per accertare la qualità e la resistenza a rottura dell'acciaio, lo spessore dell'elemento, del rivestimento di zinco su entrambe le facce (UNI 5742-66) e dell'eventuale mastice bituminoso nonché il peso di rivestimento di zinco secondo le specifiche ASTM-A 90-53 e la centratura della zincatura secondo le tabelle UNI 1475, 1476, 4007. La frequenza dei prelievi da sottoporre a prove di laboratorio può essere di un elemento per ogni partita di 10 t di materiale e, comunque, non meno di uno per ogni singolo manufatto.

Art.13 SEGNALETICA VERTICALE

Tutti i segnali devono essere rigorosamente conformi alle forme, dimensioni, colori, simboli e caratteristiche prescritte dal regolamento di esecuzione del Codice della Strada approvato con D.P.R. del 16/12/1992 nr. 495 e come modificato dal D.P.R. 16/09/1996 nr. 610.

La Società in ottemperanza ed ai sensi del D.L.G.S. 358/92, del D.P.R. 573/94 e della circolare ministeriale LL.PP. 16/05/1996, dovranno presentare all'Amministrazione:

- 1) una dichiarazione impegnativa, debitamente sottoscritta, nella quale la Società, sotto la propria responsabilità, dovrà indicare i nomi commerciali e gli eventuali marchi di fabbrica dei materiali e dei manufatti che si intendono utilizzare per l'eventuale fornitura.
- 2) copia dei certificati redatti secondo quanto prescritto al successivo art. 2.3, attestanti la conformità delle pellicole retroriflettenti ai requisiti del disciplinare tecnico approvato con D.M. del 31/03/1995.
 - a. copia dei certificati rilasciati da Istituti riconosciuti dei supporti in materiale composito di resine secondo quanto prescritto ai punti all'art. 2a.
 - b. copia del certificato di analisi di classificazione del rifiuto speciale non pericoloso relativo al supporto in composito di resine
 - c. rapporti di prova dei supporti in composito di resine di cui all'art. 3.2.
 - d. in alternativa alle specifiche a) b) c) potrà essere presentato anche il solo certificato in copia autentica attestante l'autorizzazione rilasciata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti al costruttore dei supporti in composito di resine.
- 3) copia delle certificazioni di qualità rilasciate da organismi accreditati secondo le norme UNI EN 45000 sulla base delle norme europee della serie UNI EN 29000, al produttore dei supporti in composito di resine e delle pellicole retroriflettenti che si intendono utilizzare per la fornitura secondo quanto dichiarato al punto 1. Le copie delle certificazioni dovranno essere identificate a cura dei produttori dei supporti e delle pellicole stesse con gli estremi della Società, nonché della data del rilascio della copia non antecedente alla data della lettera di invito alla presente gara e da un numero di individuazione.
 - a. copia del certificato di qualità UNI EN ISO 29000 dei partecipanti all'offerta.
 - b. certificato di conformità al piano della qualità di prodotto circ. min. LL.PP. n° 3652 del 17/06/98 rilasciato al costruttore di segnaletica.
- 4) In alternativa ai punti 1-2-3 potrà essere presentato in copia autentica anche il solo certificato di autorizzazione del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti che ne garantisce la conformità alla norma europea UNI EN 12899-1:2008 e ne autorizza la sua produzione.
- 5) la dichiarazione impegnativa vincola la Società alla fornitura di materiali conformi ai tipi, alle caratteristiche ed ai marchi di fabbrica in essi indicati.
- 6) la fornitura da parte della Società di materiali, di marchi e manufatti diversi da quelli dichiarati e campionati, costituirà motivo di immediato annullamento del contratto con riserva di adottare ogni altro provvedimento più opportuno a tutela dell'interesse di questa amministrazione.
- 7) la Direzione Lavori/D.E.C. si riserva la facoltà di prelevare campioni della fornitura effettuata; i campioni verranno prelevati in contraddittorio; degli stessi potrà essere ordinata la conservazione nei

locali indicati dalla D.L./D.E.C. previa apposizione dei sigilli e firme del responsabile della stessa e della Società nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. Le diverse prove ed analisi da eseguire sui campioni saranno prescritte ad esclusivo giudizio della D.L./D.E.C., che si riserva la facoltà di fare eseguire a spese della Società prove di qualsiasi genere presso riconosciuti istituti specializzati ed autorizzati, allo scopo di conoscere la qualità e la resistenza dei materiali impiegati e ciò anche dopo la provvista a piè d'opera, senza che la Società possa avanzare diritti o compensi per questo titolo.

- 8) la Società fornitrice è tenuta a sostituire entro 15 gg., a propria cura e spese, tutto il materiale che a giudizio insindacabile della D.L./D.E.C. o dalle analisi e prove fatte eseguire dalla stessa, non dovesse risultare rispondente alle prescrizioni, è altresì tenuta ad accettare in qualsiasi momento eventuali sopralluoghi disposti dalla D.L./D.E.C. presso i laboratori della stessa, atti ad accertare la consistenza e la qualità delle attrezzature e dei materiali in lavorazione usati per la fornitura.

Art.14 SEGNALETICA ORIZZONTALE

Per la segnaletica orizzontale la normativa di riferimento risulta essere la seguente:

Circ. LL.PP. 16 maggio 1996, n. 2357 e successive modifiche ed integrazioni;

Circ. LL.PP. 27 dicembre 1996, n. 5923 e successive modifiche ed integrazioni;

Circ. LL.PP. 9 giugno 1997, n. 3107 e successive modifiche ed integrazioni.

Pertanto in sede di offerta le ditte dovranno presentare una dichiarazione del legale rappresentante della stessa ditta nella quale si attesta che i loro fornitori realizzeranno la fornitura come prescritto nelle specifiche tecniche e assicuri la qualità della fabbricazione ai sensi delle norme UNI EN ISO 9002/94 (dichiarazione di impegno).

La ditta che si aggiudica il lavoro dovrà presentare una dichiarazione di conformità dei prodotti alle specifiche tecniche del presente capitolato e secondo i criteri che assicurino la qualità della fabbricazione ai sensi delle norme UNI EN ISO 9002/94, dichiarazione ai sensi della norma EN 45014 rilasciata all'impresa installatrice direttamente dal produttore o fornitore (dichiarazione di conformità).

Inoltre la segnaletica orizzontale dovrà essere priva di sbavature e ben allineata.

Il Direttore dei lavori potrà chiedere, in qualsiasi momento, all'appaltatore la presentazione del "certificato di qualità", rilasciato da un laboratorio ufficiale, inerente alle caratteristiche principali della vernice impiegata.

Potranno essere utilizzate due diverse tipologie materiali: pitture termoplastiche premiscelate con microsferi di vetro da applicare a spruzzo o con strisce laminate elasto-plastiche autoadesive.

14.1 CARATTERISTICHE PRESTAZIONALI RICHIESTE

Il materiale deve essere corredato di certificazione di garanzia e di conformità alla normativa UNI EN 1436/98 e successive modifiche.

14.1.1 Segnaletica orizzontale di cantiere

La segnaletica orizzontale provvisoria di cantiere deve possedere i seguenti requisiti:

Qd $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m} \cdot 2 \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;

R.L. $\geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;

$\beta \geq 0,30$, come previsto per la classe B3;

S.R.T. ≥ 45 , come previsto dalla classe S1.

14.1.2 Segnaletica orizzontale nuova

La segnaletica orizzontale nuova deve possedere i seguenti requisiti:

1) Alla consegna dei lavori:

Qd $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;

R.L. $\geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;

$\beta \geq 0,30$, come previsto per la classe B3;

S.R.T. ≥ 45 , come previsto dalla classe S1.

2) Dopo 180 gg:

Qd $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;

R.L. $\geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;

$\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;

S.R.T. ≥ 45 , come previsto dalla classe S1.

3) Dopo 365 gg:

Qd $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;

R.L. $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;

$\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;

S.R.T. ≥ 45 , come previsto dalla classe S1.

14.1.3 Ripasso di segnaletica orizzontale

La segnaletica orizzontale a ripasso deve possedere i seguenti requisiti:

1) alla consegna dei lavori:

Qd $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;

R.L. $\geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;

$\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;

S.R.T. ≥ 45 , come previsto dalla classe S1.

2) Dopo 180 gg:

Qd $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;

R.L. $\geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;

$\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;

S.R.T. ≥ 45 , come previsto dalla classe S1.

3) Dopo 365 gg:

$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;
 $R.L. \geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;
 $\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;
 $S.R.T. \geq 45$, come previsto dalla classe S1.

14.1.4 Segnaletica con pittura bicomponente

La segnaletica per fasce di arresto, zebraure, triangoli realizzata con pittura bicomponente avente residuo secco al 99%, denominato comunemente "colato plastico a freddo " nella quantità minima di 2 kg/m², deve possedere i seguenti requisiti:

1) alla consegna dei lavori:

$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;
 $R.L. \geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;
 $\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;
 $S.R.T. \geq 45$, come previsto dalla classe S1.

2) Dopo 180 gg:

$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;
 $R.L. \geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;
 $\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;
 $S.R.T. \geq 45$, come previsto dalla classe S1.

3) Dopo 365 gg:

$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;
 $R.L. \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;
 $\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;
 $S.R.T. \geq 45$, come previsto dalla classe S1.

Infine, per quanto concerne le frecce, le scritte ed i disegni vari, si deve garantire che:

1) alla consegna dei lavori:

$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;
 $R.L. \geq 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;
 $\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;
 $S.R.T. \geq 45$, come previsto dalla classe S1.

2) Dopo 180 gg:

$Q_d \geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe Q2;
 $R.L. \geq 150 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$, come previsto per la classe R4;
 $\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;
 $S.R.T. \geq 45$, come previsto dalla classe S1.

3) Dopo 365 gg:

Qd $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m} \cdot 2 \cdot \text{lx} - 1$, come previsto per la classe Q2;

R.L. $\geq 100 \text{ mcd} \cdot \text{m} \cdot 2 \cdot \text{lx} - 1$, come previsto per la classe R4;

$\beta \geq 0,40$, come previsto per la classe B3;

S.R.T. ≥ 45 , come previsto dalla classe S1.