

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO

Accordo di programma Provincia di Como/Comune di Mozzate

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DI UNA INTERSEZIONE A RASO IN COMUNE DI MOZZATE TRA LA SP 24 DI APPIANO E LA SS 233 VARESINA – aggiornamento ai sensi del D.lvo 50/2016

ART. 1

Oggetto dell'Appalto

IMPORTI PER GRUPPI DI LAVORAZIONI OMOGENEE

Questo Appalto ha per oggetto la sola esecuzione dei "LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE DELL'INTERSEZIONE A RASO IN COMUNE DI MOZZATE TRA LA SP 24 E LA SS 233".

Le categorie di lavorazione principali che costituiscono l'appalto sono riassunte nello schema sotto indicato:

Cat.	Designazione delle diverse categorie di lavori	IMPORTI		
		Euro	%	Euro
	LAVORI A CORPO ED A MISURA			
OG3	Opere Stradali	915.172,85	63,82	
OS13	Strutture prefabbricate in cemento armato	500.661,00	34,90	
OS10	Formazione di segnaletica stradale non luminosa	18.166,15	1,28	
	Importo Lordo Lavori a corpo ed a misura:		100,00	1.434.000,00
	IMPORTO LAVORI A BASE D'ASTA:	1.434.000,00		
	COSTO DELLA SICUREZZA (non soggetto a ribasso)	32.000,00		
	IMPORTO COMPLESSIVO LAVORI:	1.466.000,00		

ART. 2

Osservanza del Capitolato Tipo per appalti di lavori della provincia di Como

Norme e prescrizioni integranti il Capitolato Speciale d'Appalto del lavoro in oggetto.

L'appalto è regolato dal D.Lgs 18 aprile 2016 n° 50 e alle condizioni espresse nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.

Lavori eventuali non previsti

Per l'esecuzione di lavori non previsti e per i quali non si abbiano i prezzi corrispondenti si procederà alla determinazione dei nuovi prezzi ai sensi della normativa vigente.

Gli operai per i lavori in economia dovranno essere idonei ai lavori da eseguirsi e provvisti dei necessari mezzi ed attrezzi.

Le macchine e le attrezzature date a noleggio dovranno essere in perfetto stato di efficienza e provvisti degli accessori, dei carburanti, dei lubrificanti e di quant'altro occorra per il loro regolare funzionamento. Saranno a carico dell'Impresa la manutenzione degli attrezzi e delle macchine nonché le eventuali riparazioni affinché siano sempre in buono stato di conservazione e di servizio.

Unità di misura

In esecuzione del DPR 12.8.1982 n° 802 (obbligo del sistema di misura S.I.), sono riportati i valori delle misure anche in tale sistema, ma si chiarisce che le quantità e le misure da rispettare e contabilizzare sono quelle riferite all'uso commerciale: metro, chilogrammo forza e multipli.

PARTE SECONDA

ART. 3

Modalità di esecuzione dei lavori.

Norme di misurazione.

Requisiti di accettazione dei materiali e componenti.

Specifiche prestazionali.

Modalità per l'esecuzione delle prove.

1- Formazione del corpo stradale

1.1 - GENERALITA' E DEFINIZIONI

Il corpo stradale, al di fuori dei tratti occupati da opere d'arte maggiori (viadotti e gallerie), si realizza attraverso movimenti di materie con l'apertura di trincee e la costruzione di rilevati.

Si distinguono, più in generale, nei movimenti di materie le seguenti lavorazioni:

- lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanza organica);*
- 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 su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo);*
- l'esecuzione di riempimenti o rinterrati in genere;*

Salvo casi speciali, dettati da particolarissime condizioni locali ed estesi a ridotte volumetrie, i movimenti di materie si eseguono con l'impiego di apparecchiature meccaniche specializzate per lo scavo, il trasporto, la stesa ed il costipamento. Per la scomposizione di strati rocciosi o di manufatti di elevata compattezza e resistenza meccanica e per la loro riduzione in pezzature idonee al trasporto e/o al reimpiego dei materiali di risulta, può rendersi necessario l'uso di mine o di attrezzature meccaniche demolitrici.

In relazione alle esigenze di carattere ambientale e tenuto conto delle possibilità offerte dalle tecniche di trattamento delle terre, sono da impiegare fino ad esaurimento, i materiali estratti da scavi di ogni genere, per la formazione dei rilevati o per altre sistemazioni territoriali connesse all'infrastruttura, purché essi risultino idonei all'impiego previsto, o siano resi tali.

Nei casi di scavi in roccia lapidea, il materiale estratto deve essere utilizzato in ordine di graduatoria per la formazione di murature in pietrame, per l'apprestamento (attraverso

frantumazione e vagliatura) di inerti per il confezionamento di calcestruzzi, per la produzione di materiale di riempimento di dreni; per la parte residua potrà essere destinato alla formazione di rilevati, eventualmente a seguito di idoneo trattamento.

I materiali provenienti dagli scavi non risultati idonei alla formazione dei rilevati, o alle altre categorie di lavoro previste, sono collocati in siti di deposito; di contro, quando i materiali idonei scavati fossero insufficienti per la formazione dei rilevati, i volumi di terra integrativi sono prelevati da cave di prestito.

1.2 – QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE

1.2.1 - MATERIALI SCIOLTI NATURALI

I materiali sciolti naturali possono derivare dalla scomposizione di formazioni naturali di terreni o di rocce lapidee nelle zone in cui il progetto prevede lo sviluppo del solido stradale in trincea, ovvero dall'estrazione da cave di prestito. Possono essere destinati alla costruzione di corpi stradali in rilevato, a bonifiche, a riempimenti ecc. ovvero, se quantitativamente eccedenti rispetto alle necessità o qualitativamente non affidabili, al deposito in apposite discariche.

Essi sono qualificati e classificati secondo quanto riportato nella norma CNR-UNI 10006/63 "Costruzione e manutenzione delle strade - Tecnica di impiego delle terre", sintetizzata nella **Tabella 1.1**

Tabella 1.1													
Classificazione Generale	Terre ghiaio-sabbiose							Terre limo-argillose				Torbe e terre organiche palustri	
	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		A8
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 %	\leq 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,4 UNI 2332 %	\leq 30	\leq 50	$>$ 50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,075 UNI 2332 %	\leq 15	\leq 25	\leq 10	\leq 35	\leq 35	\leq 35	\leq 35	$>$ 35	$>$ 35	$>$ 35	$>$ 35	$>$ 35	$>$ 35
Caratteristiche della frazione passante allo staccio 0,4 UNI 2332													
Limite liquido	-	-	\leq 40	$>$ 40	$>$ 40	\leq 40	$>$ 40	\leq 40	$>$ 40	\leq 40	$>$ 40	$>$ 40	$>$ 40
Indice di plasticità	\leq 6	N.P.	\leq 10	\leq 10	\leq 10	$>$ 10	$>$ 10	\leq 10	\leq 10	$>$ 10	$>$ 10	$>$ 10	$>$ 10
											(P \leq LL:30)	(P $>$ LL:30)	
Indice di gruppo	0		0	0				\leq 4	\leq 8	\leq 12	\leq 16	\leq 20	

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Impresa, per ogni zona di provenienza, deve procedere a qualificare le terre da impiegare attraverso una campagna di indagine corredata dei risultati di prove di laboratorio.

Nella formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi debbono essere utilizzati nel piano particolareggiato delle lavorazioni, di cui al successivo paragrafo 1.3, in ordine di priorità, i materiali sciolti dei gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃ e, quindi, A₂₋₆ ed A₂₋₇. Per le terre appartenenti ai gruppi A₄, A₅, A₆ ed A₇ si deve valutare se adoperarle con le cautele appresso descritte, se prevederne un trattamento, ovvero se portarle a rifiuto.

Quando l'umidità delle terre scavate è tale da non consentire 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, qualunque sia il gruppo di appartenenza, devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo.

Terre con 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.

Nella redazione del progetto in ordine alle possibilità e modalità di impiego delle terre si considerano le seguenti proprietà dei diversi gruppi; queste determinano le scelte anche del piano particolareggiato delle lavorazioni di cui al paragrafo 1.3 che segue e le modalità di posa in opera.

Gruppo A₁ - Appartengono a questo gruppo i materiali rocciosi non evolutivi e le terre granulari, generalmente di più o meno grossa pezzatura, pressoché insensibili all'azione dell'acqua e del gelo, che sotto il profilo dei movimenti di terra possono dar luogo ad un ampio spettro di comportamenti, in relazione:

- al contenuto di fino (frazione minore di 0,075 mm);
- all'assortimento granulometrico;
- alla presenza di elementi di grossa pezzatura.

Nel prevederne l'impiego occorre considerare che le ghiaie e le sabbie alluvionali con poco fino (meno del 5%), permeabili e prive di coesione, dopo costipamento risultano tanto più soggette all'erosione dell'acqua meteorica quanto più l'assortimento granulometrico è mal graduato. Per evitare che possano prodursi danni, l'Impresa deve rigorosamente procedere al rivestimento con terra vegetale delle scarpate man mano che cresce l'altezza del rilevato; la semina per l'inerbimento, ugualmente, deve essere effettuata il più rapidamente possibile.

I detriti di falda, le rocce alterate, i depositi morenici ed anche le alluvioni eterogenee con un contenuto di fino compreso tra il 10 ed il 15% danno luogo a strati molto compatte e difficilmente erodibili; richiedono, tuttavia, un attento controllo dell'umidità di costipamento al fine di attingere valori elevati di portanza.

I materiali con elementi superiori a $D=50\text{mm}$ e, in particolare, quelli provenienti da scavi in roccia (dura e tenace) richiedono cautele e particolari provvedimenti per quel che riguarda la stesa in strati di spessore regolare ed il costipamento.

I provvedimenti da adottarsi consistono nelle seguenti operazioni:

- scarto degli elementi di dimensioni maggiori di $D=500\text{ mm}$;
- correzione granulometrica (per frantumazione e/o aggiunta di pezzature in difetto).

Nella redazione del piano dei movimenti di terra, di norma si riservano le terre del sottogruppo A_{1-a}, specialmente se di granulometria ben assortita, ai manufatti in terra che richiedono più elevate proprietà meccaniche e/o agli strati di sottofondo.

Gruppo A₃ - Le sabbie di questo gruppo, specialmente quando presentano una frazione ghiaiosa ($> 2\text{mm}$) modesta, si prestano male al costipamento ed alla circolazione dei mezzi di cantiere, per mancanza di coesione e di portanza. Di norma l'impiego senza particolari accorgimenti è limitato alla realizzazione di bonifiche dei piani di posa dei rilevati e di strati anticapillari; terre di questo gruppo possono essere impiegate nella formazione del corpo del rilevato se presentano un coefficiente di uniformità (D_{60}/D_{10}) non inferiore a 7.

Per le sabbie a granulometria uniforme deve prevedersi, invece, o un trattamento con cemento, o una correzione granulometrica, ovvero entrambi i provvedimenti.

Sottogruppi A₂₋₄ e A₂₋₅ – Le ghiaie e le sabbie limose a bassa plasticità di questi due sottogruppi sono convenientemente adoperate per la costruzione dei rilevati, peraltro senza difficoltà di esecuzione: la bassa plasticità ($IP < 10$) e la frazione fine non eccessiva ($< 35\%$) permettono, infatti, di modificare facilmente il loro contenuto d'acqua.

Generalmente presentano bassa permeabilità e modesta risalita capillare: perciò non richiedono particolari provvedimenti per proteggere dal gelo lo strato di sottofondo (o sottofondazione) e la soprastante pavimentazione.

Tenuto conto della sensibilità all'umidità di costipamento e dei rapidi cambiamenti di consistenza della frazione fine al variare del contenuto d'acqua, i lavori vanno immediatamente sospesi quando l'umidità naturale superi significativamente quella ottimale di costipamento e quando le condizioni atmosferiche portino ad un incremento del contenuto d'acqua.

Per tali terre, pertanto, l'Impresa è tenuta ad adottare programmi operativi che permettano di contenere i periodi di sospensione dei lavori, procedendo:

- all'estrazione per strati suborizzontali, allorché si vogliano favorire le variazioni di umidità;
- all'estrazione frontale, nel caso contrario.

Quando la frazione fine non supera il 12 % e se non sono presenti elementi di grossa pezzatura ($D > 71$ mm) queste terre non presentano particolari problemi di costipamento.

Sottogruppi A₂₋₆ e A₂₋₇ – Le ghiaie e le sabbie argillose di questi sottogruppi sono, di norma, convenientemente utilizzate per la formazione dei rilevati, specialmente quando presentino un indice di gruppo $IG=0$. Il loro comportamento, tuttavia, è molto influenzato dalla quantità e dalla natura della frazione argillosa presente. Portanza e caratteristiche meccaniche attingono valori intermedi tra quelle delle ghiaie e delle sabbie che costituiscono l'ossatura litica del materiale e quelle delle argille che costituiscono la frazione fine. Poste in opera, esse presentano da media a bassa permeabilità ed altezza di risalita capillare, ciò che determina elevato rischio di formazione di lenti di ghiaccio per azione del gelo. Per questo motivo, in presenza di falda superficiale e di prolungata durata di condizioni climatiche di bassa temperatura, il loro impiego deve essere evitato nella formazione di strati di sottofondo e limitato agli strati posti al di sotto di 2,00 m dal piano di posa della pavimentazione stradale, previa predisposizione, a quota inferiore, di uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

L'energia e l'umidità di costipamento delle terre dei sottogruppi in esame debbono essere costantemente controllate; quando il contenuto d'acqua risulta prossimo o supera il limite di plasticità della frazione fine si rischia, infatti, di provocare instabilità e cadute di portanza per sovracostipamento del materiale. Se lo stato delle terre e le condizioni ambientali non obbligano alla sospensione dei lavori, è opportuno adottare basse energie di costipamento, operando su strati di modesto spessore.

Gruppi A4, A5, A6 e A7 - L'opportunità d'adoperare terre di questi gruppi deve essere valutata secondo le seguenti linee guida:

- disponibilità di terre sostitutive, anche in relazione alle distanze di trasporto ed alle esigenze di carattere ambientale;
- provvedimenti da adottare per la protezione da venute d'acqua (gravitazionali o di capillarità) nelle opere in terra con esse realizzate;
- tecniche di miglioramento, quale il trattamento a calce, finalizzate a ricondurre le proprietà fisico-chimiche e meccaniche entro limiti di garanzia delle prestazioni, nel volgere della vita economica dell'opera.

Per l'impiego dei materiali dei gruppi A4 ed A5 occorre considerare che:

- la consistenza di queste terre ($IP < 10$) cambia sensibilmente per modeste variazioni del contenuto d'acqua; anche per modesti incrementi d'umidità si passa rapidamente da comportamenti tipici di terreni asciutti, difficili da compattare, a quelli di terreni troppo umidi, per i quali risulta talvolta impossibile ottenere il grado di addensamento richiesto;
- in relazione all'assortimento granulometrico ed all'addensamento, la permeabilità ed il potere di risalita capillare possono variare entro limiti abbastanza ampi; ne risulta un forte potere di imbibizione (portate d'invasamento capillare) e, quindi, un'estrema sensibilità al rigonfiamento ed all'azione del gelo. I rilevati realizzati con questi terreni, pertanto, debbono essere protetti dalle acque interne ed esterne, mediante strati anticapillari, schermi drenanti, tempestivi rinfianchi laterali con inerbimento;
- la presenza di ciottoli ed elementi di più grossa pezzatura può impedire l'azione dei mezzi di miscelazione e, quindi, renderne impossibile la stabilizzazione a calce.

Le difficoltà di compattazione delle argille dei gruppi A6 ed A7, le proprietà meccaniche generalmente modeste degli strati, come pure i provvedimenti di difesa dalle acque da

mettere in atto per evitare rischi di ritiro-rigonfiamento del materiale posto in opera, limitano l'impiego di queste terre a rilevati di modesta importanza o a riempimenti non strutturali.

Se non sono presenti elementi di grosse dimensioni, le terre dei gruppi A6 ed A7 si prestano bene alla stabilizzazione con calce.

1.2.2 - ALTRI MATERIALI

Il progetto può prevedere l'adozione di tecnologie, materiali ed prodotti di tipo innovativo, diversi dalle terre.

In tali casi l'Impresa deve attenersi, per le qualificazioni dei materiali e i controlli, alle specificazioni di progetto, eventualmente riferite a normativa nazionale o internazionale specifica.

In presenza di esigenze tecniche particolari l'Impresa può proporre, nel rispetto del quadro economico, l'impiego di materiali non previsti espressamente in progetto.

In tale caso i materiali debbono essere sottoposti, prima del loro impiego, ad adeguate verifiche e, se necessario, a prove di laboratorio per accertarne l'idoneità alla particolare utilizzazione prevista; gli oneri delle prove e delle verifiche sono a totale ed esclusivo carico dell'Impresa.

1.3 - PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

Qualificazione dei materiali *Con riferimento alla verifica del progetto, ai sensi dell'art.131 del DPR 554/99, 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, nonché eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su sperimentazione o 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 di prima pianta);*
- 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) per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le seguenti prove di laboratorio:*
 - *granulometria e limiti di Atterberg, per la classificazione secondo la norma CNR-UNI 10006/63;*
 - *contenuto d'acqua naturale (CNR-UNI 10008/63) e consistenza;*
 - *costipamento AASHO Standard e/o Modificato (CNR69/78) al variare del contenuto d'acqua, con individuazione della densità massima del secco ($\rho_s \text{ max}$) e dell'umidità ottimale di costipamento (w_{opt});*
 - *analisi granulometriche comparative, prima e dopo la prova di costipamento, limitatamente ai materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili;*
 - *indice di portanza CBR⁽¹⁾, secondo modalità di prova che tengano conto della destinazione del materiale, dei rischi di imbibizione da venute d'acqua (gravitazionale*

⁽¹⁾ *L'indice CBR viene utilizzato:*

- *ai fini del dimensionamento della pavimentazione per valutare la portanza dei terreni di sottofondo (naturali o riportati);*
- *quale criterio di qualità per valutare l'attitudine dei materiali ad essere utilizzati per la costruzione di strati di rilevato o di sottofondo;*
- *per valutare l'influenza dell'imbibizione e del gelo sulla portanza (e sulle variazioni di volume) dei terreni di sottofondo, confrontando i risultati delle prove effettuate su provini compattati in condizioni standard (ener-*

e/o di capillarità) e del prevedibile grado di addensamento. Per valutare gli effetti delle variazioni di umidità e del grado d'addensamento sulla portanza degli strati realizzati, la Direzione dei lavori, in relazione alle esigenze di posa in opera ed anche ai fini dei controlli di portanza (cfr. 1.4.3.5), ha la facoltà di richiedere lo studio CBR completo, a diverse energie ed umidità di costipamento, secondo la norma SN670320b.

Per le rocce evolutive devono essere determinate, inoltre:

- la resistenza a compressione semplice su cubetti (CNR 4/53) e la relativa massa volumica;
- la perdita di peso alla prova Los Angeles (CNR 34/73) determinata preferibilmente per la classe A.

Laddove non fosse possibile effettuare prove di costipamento AASHO e prove CBR di laboratorio, l'attitudine all'impiego può essere determinata successivamente, attraverso la misura del modulo di deformazione M_d (CNR 146/92), nel corso delle prove preliminari in vera grandezza (campo prove) di cui nel seguito.

Per le terre destinate ai massicci rinforzati, alle prove ordinarie sulle terre naturali, debbono essere aggiunte le determinazioni delle seguenti caratteristiche:

- contenuto in sali solubili totali (UNI 8520);
- contenuto in solfuri, solfati e cloruri (UNI 8520);
- misure di pH e resistività elettrica (BS 1377 Part 3).

Tenuto conto dei risultati delle suddette indagini, l'Impresa predispone i seguenti documenti, da sottoporre all'approvazione del Direttore dei Lavori:

- piano dettagliato di sperimentazione in vera grandezza (campo prove);
- piano particolareggiato delle lavorazioni di movimento di materie.

Campo prove per l'impiego dei materiali sciolti

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

Nei cantieri di grande dimensione e, in ogni caso, allorché per il controllo in corso d'opera vengano impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento (FWD, autocarro con asse di 10 t), le indagini preliminari sui rilevati sperimentali sono finalizzati anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i risultati di queste ed i valori di densità secca ρ_s e/o modulo di deformazione M_d .

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, sulla base delle 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 del piano e delle 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 piano presentato per l'approvazione alla Direzione Lavori, si segnala che:

gia della prova AASHO Mod.), ma sottoposti a differenti condizionamenti (punzonamento immediato, punzonamento dopo 4 giorni di immersione in acqua, punzonamento dopo gelo e disgelo).

- 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 del rilevato deve risultare almeno pari a tre volte quella del rullo;
- 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 osservate 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 prove di controllo dopo successive passate (ad esempio, dopo 4, 6, 8, passate).

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

Cave di prestito

Per le cave di prestito messe a disposizione dalla Stazione appaltante, le aree da cui debbono 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.

Discariche e luoghi di deposito

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti debbono 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 debbono 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, rinterrati, 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 debbono superare l'altezza di 3,00 metri, particolarmente nel caso in cui il piano d'impiego preveda attese superiori a 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 già illustrato per le cave di prestito.

*Piano
particolareggiato delle
lavorazioni*

In sostanziale aderenza alle previsioni di progetto, per il conseguimento delle prestazioni previste per i manufatti in terra e per le loro 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 di 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 delle terre impiegate, all'atto della posa in opera; in relazione ad esse 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, 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 serie 9000.

1.4 - ESECUZIONE DEI LAVORI

1.4.1 - SCAVI E DEMOLIZIONI

Norme
generali

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 l'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 nell'art. 1.3.

Le terre ad alto contenuto organico in eccesso rispetto alle esigenze di ricopertura o contaminate, debbono 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. Gene-

ralmente, 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 (Suppl. ordinario alla G.U. 1/6/1988 n.127) e successivi aggiornamenti.

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 disgaggi, 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.

1.4.2 - RIPORTI

Nel presente articolo, oltre alla costruzione del corpo stradale in rilevato (ivi compreso lo strato superiore costituente il sottofondo della pavimentazione), si considerano tutte le lavorazioni che comportano riporto di materiali, quali le opere di presidio ed i riempimenti dei cavi, la bonifica del piano di posa dei rilevati e quella del sottofondo della pavimentazione nei tratti di trincea (ove occorra).

In paragrafi distinti sono trattate nel seguito, in successione, le tecniche relative alla sistemazione ed alla costruzione di:

- piani d'appoggio dei rilevati;
- strati anticapillari;
- corpo del rilevato in terre naturali;
- riempimenti;
- strati di sottofondo in terre naturali;
- strati in terre stabilizzate a calce o con leganti idraulici;
- massicci in terra rinforzata;
- strati con materiali riciclati.

1.4.2.1 - PIANO D'APPOGGIO DEI RILEVATI

Configurazione

Immediatamente prima della costruzione del rilevato, l'Impresa deve procedere alla rimozione ed all'asportazione della terra vegetale, facendo in modo che il piano di im-

posta 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.

Ogni qualvolta i rilevati debbano poggiare su declivi con pendenza superiore al 15% circa, anche in difformità del progetto il piano particolareggiato delle lavorazioni prevederà che, ultimata l'asportazione del terreno vegetale, fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si deve procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa dei rilevati con superfici di appoggio eventualmente in leggera pendenza. Per la continuità spaziale delle gradonature si deve curare, inoltre, che le alzate verticali si corrispondano, mantenendo costante la loro distanza dall'asse stradale. Inoltre, le gradonature debbono risultare di larghezza contenuta, compatibilmente con le esigenze di cantiere e le dimensioni delle macchine per lo scavo.

In corrispondenza di allargamenti di rilevati esistenti il terreno costituente il corpo del rilevato, sul quale addossare 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.

L'operazione di gradonatura deve essere sempre preceduta dalla rimozione dello strato di terreno vegetale e deve essere effettuata immediatamente prima della costruzione del rilevato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

La regolarità del piano di posa dei rilevati, previa ispezione e controllo, deve essere approvata da parte della Direzione Lavori che, nell'occasione e nell'ambito della discrezionalità consentita, può 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

Quando siano prevedibili cedimenti eccedenti i 15 cm dei piani di posa dei rilevati, l'Impresa deve prevedere nel piano dettagliato un programma per il loro controllo ed il monitoraggio per l'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

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) M_d , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma CNR 146/92, al primo ciclo di carico, nell'intervallo compreso tra $0,05 \div 0,15$ 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 pavimentazione è compresa tra 0.50 e 1,00 m;

Per distanze inferiori a 0.50 m si applicano i requisiti richiesti ai sottofondi.

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. Per i materiali a comportamento "instabile" (collassabili, espansivi, gelivi, etc.) la determinazione del modulo di deformazione viene effettuata in condizioni sature.

Bonifica Quando la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono di raggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti, 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 può essere adottato un adeguato trattamento di stabilizzazione.

1.4.2.2 - STRATI ANTICAPILLARI

Gli strati anticapillari sono strati di rilevato costituiti da materiali granulari ad alta permeabilità eventualmente protetti da geotessili con funzione anticontaminante.

Strati in terre naturali Lo strato anticapillare in materiale naturale, dello spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, deve essere costituito da terre granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaino), con granulometria compresa tra 2 e 50 mm, con passante al setaccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante al setaccio 0,075 mm non superiore al 3%. Il materiale deve risultare del tutto esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati ovvero riciclati. Salvo maggiori e più restrittive verifiche, il controllo qualitativo dello strato anticapillare va effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prova ogni 100 m³ di materiale posto in opera.

Geotessili In associazione allo strato granulare anticapillare può essere posto sul piano di appoggio del rilevato uno strato 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. 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, del peso previsto in progetto per l'impiego specifico, deve rispondere ai requisiti minimi riportati in

Tabella 1.2

Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Peso	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.		□m	< 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.

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

I teli non debbono 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.

1.4.2.3 - RILEVATI IN TERRA NATURALE

Posa in opera

La stesa del materiale deve essere eseguita con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte a evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Per evitare disomogeneità dovute alle 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 successivamente riportato dai mezzi di stesa.

La granulometria dei materiali costituenti i differenti strati del rilevato deve essere il più omogenea possibile. In particolare, deve evitarsi di porre in contatto strati di materiale roccioso, a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), a strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possano penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato.

Durante le fasi di lavoro si deve garantire il rapido deflusso delle portate meteoriche conferendo agli strati pendenza trasversale non inferiore al 4%.

In presenza di paramenti di massicci in terra rinforzata o di muri di sostegno, in genere, la pendenza deve assicurare l'allontanamento delle acque dai manufatti.

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, sperimentate in campo prove, secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 1.3.

Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima della terra impiegata ($s \geq 2D_{max}$).

In ogni caso, la terra non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 500 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Compattazione

Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, circa la massima utilizzazione delle risorse naturali impegnate dall'intervento, 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 densità e di portanza richiesti per gli strati finiti.

Per quanto riguarda l'attitudine dei mezzi di costipamento in relazione alla natura dei materiali da impiegarsi occorre considerare che:

- i rulli a piedi costipanti ed a segmenti sono d'impiego specifico per le terre fini coerenti;*
- i rulli a griglia sono d'impiego specifico per le rocce tenere o, comunque, per i materiali per i quali è possibile correggere la granulometria per frantumazione degli elementi di maggiore dimensione;*

- i rulli lisci vibranti sono particolarmente adatti per le terre granulari (A1, A2 e A3) e, se molto pesanti, per i detriti di falda contenenti elementi di grosse dimensioni e, in una certa misura, per quelli provenienti da scavi in roccia;
- i rulli gommati sono mezzi versatili e polivalenti; in relazione alle possibilità di variare il peso e la pressione di gonfiaggio dei pneumatici si prestano sia per le terre fini, sia per le terre granulari, sia anche, nel caso di mezzi molto pesanti, per le terre contenenti grossi elementi (detriti di falda);
- i rulli lisci statici vanno utilizzati esclusivamente per la finitura degli strati preliminarmente compattati con i rulli a piedi o con quelli gommati, per regolarizzare la superficie.

Per il migliore rendimento energetico dei mezzi di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHO (CNR 69/78).

L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata in campo prova per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare. La loro produzione, inoltre, deve risultare compatibile con quella delle altre fasi (scavo, trasporto e stesa) e con il programma temporale stabilito nel piano particolareggiato dei movimenti di materia (cfr. 1.3).

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 ridurre (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 debbono rispettare le condizioni stabilite nel corso della sperimentazione in campo prova. 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.

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

Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di densità e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo paragrafo 1.5 "Controlli". 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

Si deve garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore; questo andrà sistemato a strisce orizzontali, opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammorsatura si debbono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve essere tale da 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.

La semina deve essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento. Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Impresa deve provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese.

Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Appaltatore è tenuto ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compat-

tate, debbono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 6%.

Se nei rilevati dovessero avvenire cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Appaltatore è obbligato 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; è prudente in questo caso ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

1.4.2.4.- RIEMPIMENTI

Il ripristino di cavi di fondazione intorno a strutture, il rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (ad esempio posa di sottoservizi), il riempimento a ridosso di murature ed opere di sostegno, presentano problemi speciali. 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.

Per questi motivi occorre impiegare materiale granulare selezionato, efficacemente sensibile al costipamento per vibrazione.

Le terre trasportate mediante autocarri o mezzi simili, non debbono essere scaricate direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositate in loro vicinanza e successivamente poste 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. Inoltre, si deve evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. A tergo di tali strutture debbono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Nella formazione dei riempimenti ovvero di tratti di rilevato rimasti in sospenso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si deve garantire la continuità con la parte realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici. A ridosso delle murature dei manufatti, qualora in relazione alle caratteristiche dei terreni ed anche in aggiunta alle previsioni progettuali se ne ravvisi la necessità, la Direzione Lavori ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali predisposti, privati però delle pezzature maggiori di 40 mm.

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, del tipo normale, va aggiunto in ragione di $25\text{-}50\text{ kg/m}^3$ 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 AASHO Modificata (CNR 69/78), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm.

1.4.3. – 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.

Con riferimento alla classificazione CNR-UNI 10006 si prestano, al trattamento con calce le terre fini plastiche argille limose dei gruppi A_6 e A_7 non eccessivamente plastiche, così come quelle del gruppo A_5 , quando di origine vulcanica od organogena. Ghiaie ar-

gillose, identificabili come A₂₋₆ e A₂₋₇, possono essere convenientemente stabilizzate con calce, quando contengano una frazione di passante al setaccio 0.4 UNI non inferiore al 35%.

Possano essere convenientemente trattate a calce, altresì, le vulcaniti vetrose, costituite da terre pozzolaniche ricche di silice amorfa.

In ogni caso, la terra deve essere priva di elementi di grosse dimensioni, tali da impedire l'azione dei mezzi di miscelazione.

L'attitudine al trattamento dei terreni, differenziata in relazione alla destinazione del materiale, deve risultare da appositi studi preliminari di laboratorio attraverso i quali sono determinati anche i dosaggi di legante da adoperare ed il campo dei tenori in acqua da osservare nel costipamento delle miscele.

Nel caso di terre appartenenti ai gruppi A₄ e A₅ la calce aerea può essere utilizzata esclusivamente per ridurre l'umidità del terreno naturale per esigenze di compattazione. In questo caso, per migliorare le caratteristiche meccaniche dei materiali e renderle stabili nel tempo, occorre aggiungere, successivamente alla calce, leganti idraulici quali cemento Portland 32.5. I requisiti meccanici delle miscele terra-calce-cemento, devono essere i medesimi richiesti per le miscele terra-calce. La stabilizzazione mista con calce e successivamente con cemento può essere utilizzata anche in presenza di argille ad elevata plasticità (IP > 20), se interessa acquisire la stabilità all'acqua delle miscele a breve termine (entro 30-40 giorni dalla stabilizzazione).

Caratteristiche delle terre da stabilizzare

Le terre da stabilizzare debbono avere le seguenti caratteristiche:

Granulometria: deve rientrare nel fuso di cui alla norma CNR 36/73; sono ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso 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: l'indice di plasticità, determinato secondo la norma CNR-UNI 10014, 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 sito 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%. 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'1.5%.

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

Valore di blu di metilene (VB): per essere accettabile una terra deve presentare un valore di blu VB >200 cm³, determinato in conformità alla norma UNI 8520, parte 15^a.

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

I tipi di calce da impiegare sono:

- calce aerea idrata in polvere, sfusa o in sacchi²;
- calce aerea viva macinata sfusa, o in sacchi².

L'impiego della calce viva macinata, per il suo effetto essiccante, è preferibile nei casi in cui i valori di umidità siano sensibilmente più elevati di quelli ottimali per il costipamento. Entrambi i tipi di calce debbono rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel R.D. 2231/39; essi, inoltre, debbono avere le caratteristiche chimiche (UNI-EN 459-2/96) e le caratteristiche granulometriche riassunte nella **Tabella 1.33**

Requisito	calce viva	calce idrata
CO ₂	<input type="checkbox"/> 5%	<input type="checkbox"/>
Titolo in ossidi liberi (CaO + MgO)*	<input type="checkbox"/> 84%	<input type="checkbox"/>
Tenore in MgO	<input type="checkbox"/> 10%	<input type="checkbox"/> 8%
Titolo in idrati totali	<input type="checkbox"/>	> 85%
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + SO ₃	<input type="checkbox"/> 5%	<input type="checkbox"/> 5%
Umidità	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 2%
Acqua legata chimicamente	<input type="checkbox"/> 2%	<input type="checkbox"/>
Reattività all'acqua	> 60° entro 25'	<input type="checkbox"/>
Passante al setaccio 2 mm	100%	100%
Passante al setaccio 0.2 mm	<input type="checkbox"/> 90%	<input type="checkbox"/>
Passante al setaccio 0.075mm	<input type="checkbox"/> 50%	<input type="checkbox"/> 90%

* La determinazione del titolo in ossidi liberi espresso come CaO deve essere effettuata secondo la formula $(100 - I - 2.27 \cdot CO_2 - X)$ dove: I è la percentuale di impurezze (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ + SO₃), X è la percentuale di acqua legata chimicamente.

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.

Progetto delle miscele L'Impresa è tenuta, nell'ambito del piano particolareggiato delle lavorazioni:

- a produrre uno studio di verifica delle miscele che tenga conto delle condizioni operative di cantiere e dei leganti effettivamente adottati
- a 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, in particolare, riguardano:

- 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 calci essenzialmente la granulometria ed il tenore in calce libera). Per quanto possibile i leganti deb-

² 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.

bono provenire dagli stessi impianti di quelli che si prevede di utilizzare in corso d'opera.

Utilizzazione in rilevato:

Le prove specifiche di dosaggio sono riferite, in questo caso, alle proprietà che assicurino buone condizioni di posa in opera per le miscele: lavorabilità, compattabilità e sufficiente portanza immediatamente dopo costipamento, per ottenere un supporto di rigidità conveniente nella costruzione degli strati successivi.

La lavorabilità va esaminata attraverso 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 significativi aumenti 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 modificati (in aumento) per tenere conto delle alee costruttive (spandimento, miscelazione, attese prima del costipamento) ovvero, in presenza di umidità naturali elevate, per ridurre più energicamente il tenore in acqua del terreno.

Utilizzazione in strati di sottofondo:

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

Per la necessaria portanza a breve termine, le miscele, compattate come descritto nella nota 3, debbono presentare un indice di portanza CBR, dopo immersione di 4 giorni in acqua, maggiore di 25.

La tenuta all'imbibizione va valutata, invece, rapportando la resistenza allo schiacciamento di provini cilindrici che nell'ultima parte del periodo di maturazione sono immersi per 7 giorni in acqua ($R_{(x+7)}$) rispetto a quella di provini di pari età maturati per tutto il periodo di stagionatura in condizioni protette ($R_{(x+7)}$).⁴

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

$$\frac{R(x+7i)}{R(x+7)} \geq 0,8$$

Per valutare la resistenza al gelo, dopo un periodo di maturazione in condizioni protette (cfr. nota 5) 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:

$$\frac{R(x+1i+13g)}{R(x+14i)} \geq 0,8$$

Tenuto conto del carattere evolutivo della stabilizzazione a calce e della diversa reattività delle argille, a seconda della natura mineralogica, non è conveniente né corretto indicare univocamente l'età alla quale verificare la tenuta all'acqua ed al gelo.

In pratica, considerando due o tre dosaggi in legante, interessa riconoscere il periodo di maturazione necessario perché le miscele acquisiscano sufficiente stabilità, ciò che può dedursi facilmente dall'osservazione della variazione della resistenza meccanica con il

³ l'Indice CBR determinato subito dopo il confezionamento dei provini, senza preventiva immersione in acqua, compattando le miscele ad energia prossima a quella dell'AASHO standard, secondo la norma SN 670320b (5 strati, 12 colpi per strato, pestello del peso di 4,54 Kg, altezza di caduta 45,7 cm.).

⁴ l'Indice CBR determinato subito dopo il confezionamento dei provini, senza preventiva immersione in acqua, compattando le miscele ad energia prossima a quella dell'AASHO standard, secondo la norma SN 670320b (5 strati, 12 colpi per strato, pestello del peso di 4,54 Kg, altezza di caduta 45,7 cm.).

periodo di maturazione ($x = 28$ giorni è generalmente sufficiente per la stabilità all'acqua; mentre, per la tenuta al gelo è necessario considerare un periodo di maturazione più ampio, anche di $x = 90$ giorni).

Modalità di esecuzione dei lavori

I processi di fabbricazione delle miscele debbono avvenire preferibilmente nei luoghi di estrazione (scavi di trincea o cave di prestito). Il trattamento nei luoghi d'impiego non comporta 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.

Il trattamento prevede in genere 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, se è 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; si deve impedire a qualsiasi mezzo, eccetto che a quelli adibiti alla miscelazione, di attraversare la porzione di terreno sulla quale è stato steso il legante, fino a quando questo non sia stato completamente miscelato; inoltre, le spanditrici debbono 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), ovvero con erpici a dischi, che permettano una miscelazione omogenea del legante e del terreno sullo spessore considerato.

Il numero di passate dipende dalla natura del terreno trattato e dal suo grado di umidità. 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. Inoltre, nel caso di miscele per strati di rilevato si deve verificare che l'80% del terreno, ad esclusione delle porzioni lapidee, risulti passante al setaccio con apertura di 4,76 mm.

Il materiale trattato deve essere compattato evitando attese che, se prolungate, portano ad un decadimento delle prestazioni meccaniche a medio e lungo termine delle miscele. Di conseguenza, è vietato all'Impresa di 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 debbono 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 debbono 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

In corso d'opera il controllo del dosaggio in calce viene effettuato valutando la quantità in peso di legante raccolta entro teli di superficie nota, stesi sull'area da trattare, nonché verificando mediante aste metalliche lo spessore dello strato interessato dal trattamento. La verifica del dosaggio deve essere effettuata per ciascuno strato nella misura di una presa per ogni 300 m³ di miscela.

La bontà della miscelazione e la dimensione massima delle zolle è valutata mediante setacciatura a secco, mentre l'omogenea ripartizione del legante nella massa trattata mediante l'esame della colorazione delle miscele e, 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 1.000 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 densità come sopra specificato, deve rispettare le frequenze previste nella Tabella 1.10 per gli strati di rilevato e per quelli di sottofondo. Sugli strati finiti possono essere effettuati a discrezione della Direzione dei Lavori prove con piastra per valutare il modulo di deformazione Md. In tale caso, i valori di riferimento debbono essere quelli stabiliti nel corso delle prove preliminari di campo, tenuto conto della destinazione dello strato e della stagionatura (età) delle miscele.

1.4.4 - MASSICCI IN TERRA RINFORZATA

Si ottengono per inserimento fra gli strati di un rilevato di elementi resistenti a trazione, di tipo monodirezionale (armature metalliche, generalmente piatte) oppure bidirezionale (geotessili, reti metalliche, geogriglie, ecc..) Ai fini del mantenimento in efficienza del massiccio sono indispensabili speciali caratteristiche dei materiali adottati.

Requisiti
dei terreni
del massiccio

Per il terreno del rilevato in terra rinforzata devono essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A_{1-a}, A_{1-b}, A₃, A₂₋₄ e A₂₋₅ della classifica CNR - UNI 10006/1963.

In ogni caso debbono essere rispettate le seguenti condizioni:

- Il terreno di riempimento deve presentare un passante al setaccio da 0,075 mm inferiore al 15%.
- I terreni con passante allo 0.075 mm superiore al 15%, sono ugualmente utilizzabili se:
 - la percentuale del campione esaminato per sedimentazione, di dimensioni minori di 15 micron 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 = 200 mm.

Il rilevato può essere alleggerito, 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/mc.

Il valore di resistività del materiale, saturato dopo un'ora di contatto terra-acqua alla temperatura di 20°C, deve essere superiore a 1.000 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 1.000 e 5.000 Ohm*cm e non deve eccedere i valori riportati in **Tabella 1.4:**

Tabella 1.4

	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 debbono essere in acciaio, del 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, debbono essere protetti da zincatura a caldo, di spessore minimo garantito di 70 micron, in ragione di circa 5 g di zinco per dm di superficie sviluppata, o debbono essere inossidabili.
I fili sottili, componenti le reti, debbono 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 dalle caratteristiche conformi a quanto indicato nel par. 1.4.2.2.

Lavorazione

Allo scopo di garantire un comportamento omogeneo della terra rinforzata, qualora i materiali di cava non mantengano la prescritta uniformità delle caratteristiche granulometriche e chimiche, l'Impresa è tenuta a stoccarli, in apposite aree, al fine di correggerli opportunamente.
La compattazione degli strati deve risultare tale da garantire una densità, sull'intero spessore non inferiore al 92%(95% nel caso di strati di sottofondo) della densità massima individuata mediante la prova AASHO 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.

1.4.5. - RILEVATI CON MATERIALI RICICLATI

Si considerano materiali riciclati quelli provenienti da attività di demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi del D.M. 5 febbraio 1998.
I materiali provenienti da attività di costruzione o demolizione sono prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, intonaci, allettamenti, materiali lapidei provenienti da cave autorizzate o da attività di taglio e lavorazione.
I materiali di scarto provenienti da processi industriali sono prevalentemente costituiti da scorie, loppe d'alto forno, esclusivamente di nuova produzione e, comunque, non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno. I materiali di riuso possono venire miscelati tra loro ed anche con terre naturali, in modo da favorirne il riutilizzo nelle costruzioni stradali con i conseguenti benefici economici ed ambientali.

Qualificazione
fisico-
meccanica

L'intrinseca variabilità di provenienza dei componenti impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti o partite omogenee, allo scopo di evitare disuniformità di comportamento.
I requisiti di accettazione degli inerti riciclati variano a seconda del campo di impiego distinguendosi:

- impiego nello strato di sottofondo, fino alla profondità di circa 1,00 m a partire dal piano di posa della sovrastruttura;
- impiego per strati di rilevato, per bonifiche del piano di posa e similari.

Per le miscele a più largo spettro, provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, si applica la **Tabella 1.5** per gli strati di sottofondo; nel caso meno restrittivo del corpo del rilevato si usa la **Tabella 1.6**.

Tabella 1.5 Materiali per strato di sottofondo		
Parametro	modalità di prova	Limiti
Cls, mattoni e laterizi, intonaci, materiali litici, malte, ceramica	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>80% in massa
Vetro e scorie vetrose	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<10% in massa
Conglomerati bituminosi	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,2% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,4% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	CNR 23/71	<15% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	NP
Passante crivello 71 UNI	CNR 23/71	100%
Passante setaccio 4 mm	CNR 23/71	<60% in massa
Perdita Los Angeles	UNI EN 1097/2	<45
Rapporto fra passante setaccio 0,425 mm e 0,075 mm	CNR 23/71	>1,5
Produzione finissimo per costipamento AASHO mod. nell'intervallo $\pm 2\% W_{OT}$	CNR 69/78	Differenza $P_{0,075post} - P_{0,075ante} \leq 5\%$
Indice di forma (frazione > 4 mm)	CNR 95/1984	<35
Indice di appiattimento (frazione > 4 mm)	CNR 95/1984	<35

Tabella 1.6 Materiali per corpo del rilevato		
Parametro	modalità di prova	Limiti
Cls, mattoni e laterizi, intonaci materiali litici, malte, ceramica	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>70% in massa
Vetro e scorie vetrose	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4mm	<15% in massa
Conglomerati bituminosi	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<25% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,3% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,6% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<15% in massa
Passante setaccio 0,075UNI	CNR 23/71	<25% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	<6
Passante crivello 71 UNI	CNR 23/71	>85% in massa
Passante setaccio 4 mm	CNR 23/71	<60% in massa
Dimensione massima	Misura diretta	< 140 mm
Trattenuto crivello 71UNI *	Frantumazione	Assenza di vuoti interni

* Nota: in caso di presenza di mattoni forati, blocchi forati e simili. va eseguita la frantumazione per il riuso fino ad avere il 100% di passante al crivello 71 UNI.

Per gli inerti provenienti prevalentemente da attività industriali, con reimpiego diretto di una specifica tipologia di scarti, valgono invece le specificazioni riportate nella **Tabella 1.7** per il sottofondo, e nella **Tabella 1.88** per il corpo del rilevato.

Ai fini dell'impiego nel corpo stradale, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Tabella 1.7 Scarti industriali per sottofondo		
Parametro	modalità di prova	Limiti

Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>80% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4mm	<15% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	Separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<0,5% in massa
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	Non plastico
Perdita Los Angeles	UNI EN 1097/2	<45
Passante crivello 71 UNI	CNR 23/71	100%
Passante setaccio 4 mm	CNR 23/71	<60% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	CNR 23/71	<20% in massa
Produzione finissimo per costipamento AASHO mod. nell'intervallo $\pm 2\% W_{0,075}$	CNR 69/78	Differenza $P_{0,075post} - P_{0,075ante} \leq 5\%$

Tabella 1.8 Scarti industriali per corpo rilevato

parametro	modalità di prova	limiti
Terre esauste o di fonderia, scorie d'altoforno, ceneri volanti, silicati, carbonati e idrati di calcio	separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	>70% in massa
Sfridi di argilla espansa, frammenti di mole abrasive, conchiglie e altri materiali inerti	separazione visiva su trattenuto setaccio 4mm	<20% in massa
Metalli, guaine, gomme, lana di vetro, lana di roccia, materiali deperibili o cavi, residui alimentari, gesso	separazione visiva su trattenuto setaccio 4 mm	<1% in massa
Passante crivello 71 UNI	CNR 23/71	>85%
Passante setaccio 4 mm	CNR 23/71	<60% in massa
Passante setaccio 0,075 UNI	CNR 23/71	<25%
Dimensione massima D_{max}	UNI EN 933/1	140 mm
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	<4

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 EN 1744-1) deve essere ≤ 1 per cento. Se il materiale viene posto in opera a contatto con strutture in c.a., tale valore deve essere $\leq 0,5$ per cento.

Impianto di lavorazione

L'impianto di lavorazione, per garantire l'omogeneità e la costanza temporale del prodotto, deve essere organizzato in modo tale da:

- consentire il controllo della qualità dei materiali in arrivo, per una verifica delle caratteristiche e dell'idoneità all'utilizzo;
- essere dotato di una zona debitamente attrezzata e delimitata per lo stoccaggio provvisorio del materiale;
- 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 dall'alimentatore, il controllo qualitativo dei materiali e, con stoccaggio separato, tramite un by-pass, la successiva eventuale esclusione dal ciclo produttivo del materiale non idoneo e/o pericoloso;
- consentire una prima vagliatura, mediante vibrovaglio, per l'eliminazione della frazione fina, 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 d'un secondo deferrizzatore, posto più vicino al nastro (per le parti metalliche minute eventualmente sfuggite al primo deferrizzatore);

- essere dotato d'un vibrovaglio, per la selezione delle frazioni granulometriche. Le frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere, ecc...) devono essere, invece, automaticamente separate, anche in più stadi e convogliate in appositi contenitori.

Per garantire la costanza della qualità del prodotto, a prescindere dalle tipologie in alimentazione, l'impianto deve essere strutturato 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.

L'impianto di trattamento deve essere qualificato dal committente per stabilirne l'idoneità alla fornitura del materiale, nonché la rispondenza alle prescrizioni metodologiche del processo dettagliate al punto 7.1.3 del D.M. 05/02/98, n.72. Ai fini del mantenimento degli standards qualitativi dell'impianto stesso, debbono essere effettuate visite di efficienza dell'impianto ogni 20.000 m³ di materiale lavorato e comunque almeno una ogni sei mesi.

Formazione e stoccaggio delle partite

Le singole partite di prodotto, o lotti, devono essere stoccate su un piano di posa stabile, pulito, regolare e ben drenato, in modo che risultino ben separate e distinguibili le une dalle altre. Le partite hanno di norma dimensioni variabili da 500 a 3000 m³.

L'accumulazione del materiale può avvenire, per ciascuna partita:

- in cumuli di forma conica o simili, costituiti per caduta del materiale dall'alto senza particolari accorgimenti destinati ad evitare la segregazione granulometrica od a favorire la miscelazione degli apporti;
- in cumuli piatti ed estesi, a superficie superiore piana ed orizzontale; 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;
- 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, una partita può essere costituita dal solo contenuto nel singolo veicolo impiegato per il trasporto.

Campionature per impianti ordinari

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 prelevamenti stessi, sulla loro ubicazione e sulle condizioni dei materiali.

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

Prelievo dei campioni da cumuli conici o simili

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

- se il materiale si presenta sufficientemente uniforme, si preleveranno almeno cinque campioni, del peso minimo di 50 kg, da parti diverse ed a differente quota del cumulo, adottando le accortezze previste dalla norma CNR 25/1972 par.6 e curando 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 alle notate disuniformità, in numero almeno pari alle zone di diverse caratteristiche e, comunque, non inferiori a sei.

Prelievo dei campioni da cumuli piatti ed estesi

L'accumulazione 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 una singola partita, 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 1.9**, in punti opportunamente prescelti su una spirale avente origine nel baricentro in modo da evidenziare eventuali disuniformità.

Tabella 1.9 Campionatura da cumuli piatti			
Volume del cumulo piatto (m ³)	< 500	500 – 1000	1000 – 3000
Numero minimo di campioni	3	4	5

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 inferiori a 3 metri. Per altezze superiori, in ognuno dei punti di prelievo va prelevato un campione ogni 3 metri o frazione.

Prelievo dei campioni da partite omogeneizzate in fase di formazione

Se le partite vengono disposte in cumuli piatti ed estesi ed omogeneizzate in modo automatico durante la loro formazione, la campionatura può essere effettuata 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 ridotta, poi, per 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 paragrafi precedenti.

Prelievo dei campioni 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 separatamente a prova.

Campionatura per impianti a prodotto costante

Un impianto di trattamento dei materiali provenienti da riciclo può essere qualificato a "prodotto costante" se, oltre a quanto sopra descritto per l'impianto di lavorazione, permette di:

- separare automaticamente, anche in più stadi, e convogliare in appositi contenitori le frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere ecc.);
- 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.

L'impianto di trattamento deve essere qualificato. Ai fini del mantenimento degli standard qualitativi dell'impianto stesso, debbono essere effettuati controlli dell'impianto ogni 20.000 m³ di materiale lavorato e, comunque, almeno una ogni 6 mesi da parte di un Laboratorio accreditato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

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 4000 m³ al mese per ciascuna delle dichia-

rate 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 interno, i campioni, sempre dopo un anno di positiva e documentata sperimentazione, possono essere preparati in doppia serie a cura del laboratorio accreditato. La prima serie sarà sottoposta a prova dal laboratorio interno; della seconda serie il laboratorio accreditato sottoporrà a prova 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 1 campione su 10, i risultati dei due laboratori non differiscono di più della ripetibilità della singola prova, 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 accreditato.

Accettazione	<p>L'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle partite che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati.</p> <p>Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della partita proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.</p> <p>Ad ogni mutazione delle caratteristiche della partita, sia per provenienza dei materiali sia per tecnica di miscelazione, andrà ripetuta la documentazione di qualifica del materiale.</p>
Posa in opera	<p>Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore (in genere non superiori a 30 cm) e costipato mediante rullatura leggera. La superficie degli strati deve avere una pendenza trasversale pari a circa il 4% e, comunque, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; 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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>Il piano particolare 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 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.</p>
Controlli prestazionali	<p>I controlli di compattazione, di portanza e di regolarità dei piani finiti, salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progettazione, sono conformi a quelli previsti per le terre naturali.</p> <p>Ogni 1.000 m³ di materiale steso in opera, si deve verificare che le caratteristiche del prodotto fornito rispettino i requisiti di qualificazione fisico – meccanica riportati nelle tabelle 1.5 – 1.6 – 1.7 - 1.8.</p>
Campo prova	<p>Un prova preliminare di sperimentazione in vera grandezza deve essere predisposta quando l'impiego dei materiali riciclati per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati supera complessivamente il volume di 10.000 m³ o anche per volumi inferiori di inerti da riciclo il campo prova va predisposto quando i materiali disponibili presentino caratteristiche fisiche e comportamentali difformi dalle specifiche di Tabelle 1.5 – 1.6 –</p>

1.7 – 1.8, o quando in progetto siano state indicate tipologie di inerti da riciclo differenti da quelle effettivamente reperite in zona.

Il campo prova deve essere controllato mediante la determinazione del modulo di deformazione M_d (CNR 146/92); le misure debbono essere effettuate per ogni strato almeno in cinque punti appartenenti ad una porzione di rilevato omogeneo, con interessamento in senso trasversale dell'intera piattaforma. Debbono essere, inoltre, misurati i valori della densità in sito, del contenuto d'acqua nella porzione di terreno in vicinanza dei punti di misura del modulo di deformazione, nonché gli spessori degli strati finiti.

1.4.6. – SOTTOFONDO

Il sottofondo è il volume di terra nel quale risultano ancora sensibili le sollecitazioni indotte dal traffico stradale e trasmesse dalla pavimentazione; rappresenta la zona di transizione fra il terreno in sito (nelle sezioni in trincea o a raso campagna) ovvero tra il rilevato e la pavimentazione.

Per assicurare i requisiti richiesti ai sottofondi delle pavimentazioni stradali, particolarmente per quanto riguarda la portanza (nello spazio e nel tempo) e la regolarità della superficie finita, è necessario prevedere la sistemazione dei sottofondi, generalmente, mediante la realizzazione di uno strato di caratteristiche idonee a coniugare le imperfezioni e l'eterogeneità dei movimenti di terra con l'omogeneità richiesta, invece, per la posa in opera della pavimentazione.

Questo strato (strato più superficiale del rilevato o bonifica del fondo naturale di trincea su cui poggia la pavimentazione), detto "strato di sottofondo" deve consentire, inoltre, per mezzo delle sue proprietà fisiche e meccaniche e tenuto conto dello spessore:

- * di conferire al supporto della pavimentazione, in ogni suo punto, una portanza sufficiente a garantire i livelli di stabilità e di funzionalità ammessi in progetto per la soprastruttura (omogeneizzazione della portanza);
- * di proteggere, in fase di costruzione, gli strati sottostanti dall'infiltrazione d'acqua di pioggia e, durante l'esercizio, lo strato di fondazione soprastante dalle risalite di fino inquinante; quest'ultima funzione può essere assegnata ad uno strato ad hoc (in sabbia) o ad un geotessile non tessuto.

In termini generali, lo spessore totale dello strato di sottofondo (da realizzare, a seconda dei casi, con la stesa ed il costipamento di uno o più strati) dipende dalla natura del materiale utilizzato, dalla portanza del supporto e da quella assunta in progetto per il piano di posa della soprastruttura.

Per la scelta del materiale e per i provvedimenti costruttivi occorre tenere conto, inoltre, dei rischi d'imbibizione dello strato (derivanti dalla presenza di una falda superficiale), delle condizioni climatiche previste in fase costruttiva (precipitazioni) ed in fase di esercizio (gelo), nonché del prevedibile traffico dei mezzi di cantiere e delle necessità connesse alla costruzione della pavimentazione.

Materiali costituenti

Per la formulazione del programma dettagliato delle lavorazioni dei movimenti di terra occorre considerare che non tutti i materiali adottati per la costruzione dei rilevati possono essere impiegati per realizzare strati di sottofondo:

- * 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, per 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 0,075 mm minore del 12%) e non plastiche ($IP < 6$).

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, si prestano bene a costituire ottimi strati di sottofondo.

Fatte salve soluzioni differenti da giustificarsi sotto il profilo tecnico ed economico, 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.

Inoltre, nel rispetto delle dimensioni massime sopra specificate, possono essere impiegate:

- terre dei gruppi A_{1-b} , A_{2-4} ed A_{2-5} , con passante allo 0.075 mm maggiore del 12%, previa stabilizzazione a cemento od a calce-cemento;
- terre dei gruppi A_{2-6} ed A_{2-7} con una percentuale di fino maggiore al 5% previa stabilizzazione mista (a calce e cemento) od a sola calce;
- limi dei gruppi A_4 ed A_5 previa stabilizzazione a calce e cemento, nonché le argille dei gruppi A_6 ed A_7 , dotate di plasticità non eccessivamente elevata ($IP < 25\%$), previa stabilizzazione con sola calce.

Nel caso in cui le prove di portanza CBR di laboratorio risultino significative (materiale con dimensioni inferiori a 20 mm), l'idoneità all'impiego della terra può essere accettata se essa presenta valori di indice di portanza CBR (energia AASHO Modificata) non inferiori a quanto appresso specificato:

- a) 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);
- b) 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);
- c) nel caso di sottofondi costituiti da terreni limo-argillosi o in presenza di drenaggi insufficienti:
CBR = 20 ($w = w_{opt} \pm 2\%$; saturazione completa).

Infine, possono essere utilizzate per la formazione degli strati di sottofondo terre stabilizzate a cemento, a calce o a calce e cemento, e materiali provenienti da demolizione, nonché rocce tenere in disfacimento e/o autocementanti.

In questi ultimi casi, l'attitudine all'impiego deve essere valutata o mediante prove CBR di laboratorio, verificando il rispetto dei valori di portanza sopra indicati, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione M_d sugli strati posti in opera, nel rispetto dei requisiti indicati in Tabella 1.11 (cfr. § 1.5).

Per un rapido allontanamento delle acque meteoriche i piani di sottofondo debbono 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%.

1.5. – CONTROLLI

Controllo delle forniture

In corso d'opera, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati in terra, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali, devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in contraddittorio con la Direzione dei lavori.

Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei terreni interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella **Tabella 1.10**.

Tabella 1.10 0 Frequenza dei controlli delle forniture dei materiali (una prova ogni.....m ³)						
Destinazione	Rilevato		Sottofondo		Massicci rinforzati	
	Primi 10000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5000 m ³	Ulteriori m ³	Primi 5000 m ³	Ulteriori m ³
Classificazione (CNR-UNI 10006/63)	2.000	5.000	500	2.000	500	2.000
Umidità naturale	500	1.000	200	500	200	500
Costipamento AASHO (CNR 69/78)	5.000	10.000	1.000	5.000	1.000	5.000

Controllo della densità e della portanza

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, in relazione alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO 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 densità in sito può essere applicato soltanto se, come previsto dalla norma CNR 69/1978, la frazione di materiale trattenuta al crivello 25 UNI 2334 non supera il 35% della massa totale.

In questo caso le prove di controllo in cantiere riguardano:

- *misure di umidità dei materiali compattati, secondo la norma CNR-UNI 10008/63;*
- *misure di massa volumica (densità) apparente.*

Quando per le caratteristiche dimensionali del materiale non sia possibile procedere al controllo prestazionale con misure di densità, per valutare il grado di costipamento si possono realizzare prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni modo, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato provato; inoltre, essa risulta 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, od 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 la trave di Benkelmann (CNR 141/92) o con mezzi ad elevato rendimento. Le soglie da raggiungere debbono essere determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il parametro misurato in questi casi ed il modulo di deformazione, tenuto conto della struttura e della natura della terra in questione.

Le misure di deflessione (anche quelle puntuali) risultano, generalmente, più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, si prestano bene se occorre determinare la distribuzione spaziale della portanza dei sottofondi realizzati ed il sezionamento della strada in tronchi omogenei di portanza.

Livelli prestazionali

*Nella **Tabella 1.11** sono riassunti i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione ed al tipo di strada.*

Per gli strati di sottofondo, tenuto conto delle situazioni localmente presenti, possono assumersi soglie minime diverse da quelle riportate nelle tabella, purché considerate nel progetto della pavimentazione e giustificate sotto il profilo tecnico-economico.

*Dato che la portanza di una terra dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno grande in relazione alla natura della terra stessa, i livelli prestazionali indicati nella **Tabella 1.11** si riferiscono a contenuti d'acqua compresi tutti nell'intervallo:*

$$w_{opt} - 2,0\% < w < w_{opt} + 2,0\% \quad (w_{opt} \text{ da prove AASHO di laboratorio})$$

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

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 1.11 Criteri di qualità e requisiti per gli strati di rilevato e di sottofondo				
STRATO	Tipo di Strada ⁽³⁾	Grado d'addensamento % $\square_{s\ max}$ di laboratorio	Modulo di deformazione Md [N/mm ²]	$\square h$ ⁽⁴⁾ [mm]
Sottofondo ⁽¹⁾	Autostrade ed Extraurbane principali	≥ 95 % AASHO Mod	≥ 50	$< 2,5$
	Altre	≥ 100 % AASHO St.	≥ 40	$< 3,0$
Rilevato ⁽²⁾	Autostrade ed Extraurbane principali	≥ 92 % AASHO Mod	≥ 30	$< 4,0$
	Altre	≥ 97 % AASHO St.	≥ 25	$< 5,0$

(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;

(3) Tipi di strada secondo il Codice della Strada (Dlgs. 285/92);

(4) Cedimento permanente ($\square h$) misurato dopo passaggio di un autocarro con asse posteriore di 10 t, secondo la norma SNV 670365.

Per i materiali a granulometria grossolana, per i quali non è possibile determinare riferimenti rappresentativi da prove di costipamento AASHO di laboratorio, come pure nel caso in cui non sia possibile procedere a misure di modulo di deformazione Md (presenza di blocchi e/o elementi di grossa dimensione), il controllo degli strati finiti può essere effettuato in modo rapido, mediante misure del cedimento permanente ($\square h$) prodotto dal passaggio di un autocarro con asse posteriore di 10 t, in accordo alla norma SNV 670 365.

I valori ammissibili del cedimento permanente sono riportati nella **Tabella 1.11**.

Inoltre, trattandosi di misure ad elevato rendimento, le prove con autocarro con asse di 10 t sono convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della variazione della portanza dei sottofondi sull'intera estensione della strada, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale, se ciò è ritenuto necessario, come nel caso degli ampliamenti e delle sezioni di mezza costa.

Le misure di cedimento permanente sono di base per la scelta dei punti in cui effettuare misure del modulo di deformazione Md e, quindi, sulla scorta dei risultati del modulo, per il sezionamento della strada in tronchi omogenei di portanza dei sottofondi.

Le prove di controllo sono effettuate nei posti indicati dalla Direzione Lavori e formano oggetto di apposito verbale.

Numero di prove di controllo

Salvo documentate prescrizioni del Direttore dei Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in **Tab. 1.12**.

Tabella 1.12 <i>Frequenza dei controlli sugli strati finiti (una prova ogni.....)</i>					
Tipo di prova	RILEVATO		SOTTOFONDO		
	Primi 5.000 m³	Ulteriori m³	Primi 5.000 m²	Ulteriori m²	Superficie m²
Densità	500 – 1.000	3000-5.000	350 - 500	1000	-
Modulo M_d ⁽²⁾	1.000-1500 ⁽¹⁾	5000 ⁽¹⁾	-	-	500 -1000

(1) Solo nel caso in cui non è possibile procedere al controllo mediante misure di densità

(2) Distanziamento tra le sezioni in cui ricadono i punti di misura nel profilo longitudinale

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 debbono rispettare le soglie minime riportate nella **Tabella 1.11**.

Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati d'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 densità secca \square_s ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo M_d o altra grandezza).

Tronchi omogenei

Eccetto che per le strade soggette a traffico pesante limitato (meno di 100 veicoli commerciali al giorno, per ogni corsia) è fatto obbligo all'Impresa di verificare le soluzioni previste in progetto per la pavimentazione stradale, tenuto conto della distribuzione della portanza dei sottofondi determinata nel corso dei controlli di ricezione.

Allo scopo, occorre sezionare la strada in tronchi omogenei (o classi) di portanza dei sottofondi. Per fare ciò, è necessario avere una chiara rappresentazione della variazione spaziale della portanza che, a seconda dei casi, può essere fornita:

- dalle misure puntuali di portanza (per tronchi stradali di modesta importanza) effettuate nel corso delle prove di controllo dei sottofondi, se in numero sufficiente;
- dalle misure di cui sopra, eventualmente integrate dalle misure di cedimento permanente realizzate con autocarro con asse di 10 t;
- dall'auscultazione in continuo della portanza dei sottofondi, sull'intera estesa della strada, ottenuta con mezzi ad elevato rendimento.

Quest'ultimo caso deve intendersi obbligatorio per la costruzione dei tronchi autostradali e di strade extraurbane principali;

Le classi di portanza omogenee sono individuate sulla base della dispersione delle misure, tramite il coefficiente di variazione ($C_v = \square/m$).

Per i sottofondi appartenenti ad una stessa classe il coefficiente di variazione calcolato sulla base di almeno 10 misure di portanza, deve risultare inferiore a 0,50.

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

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.

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza, disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

- ogni 500 m², per le scarpate ed i piani di appoggio degli strati di sottofondo
- ogni 200 m², per i piani di posa della pavimentazione.

2 MISTI GRANULARI PER STRATI DI FONDAZIONE E BASE NON TRATTATA

Il misto granulare è costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego, eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico-meccaniche. Nella sovrastruttura stradale il misto granulare è impiegato per la costruzione di strati di fondazione e di base. Il materiale per strato di base è costituito da miscele di terre stabilizzate granulometricamente; l'aggregato grosso (trattenuto al setaccio 2 UNI) è costituito in prevalenza da elementi ricavati da frantumazione o materiale lapideo ritenuto idoneo dalla Direzione Lavori.

2.1. Fondazione eseguita con materiale proveniente da cava, da scavi o da depositi

L'aggregato grosso (trattenuto al crivello UNI n. 5) può essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Tali elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nelle **Tabelle 1 e 2**.

TABELLA 1

STRADE PROVINCIALI A TRAFFICO PREVALENTEMENTE PESANTE				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 35	≤ 30
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-	≤ 25
Quantità di frantumato	-	%	> 30	> 70
Dimensione max	CNR 23/71	mm	70	40
Sensibilità al gelo ³	CNR 80/80	%	≤ 20	≤ 20

TABELLA 2

STRADE PROVINCIALI A TRAFFICO PREVALENTEMENTE LEGGERO				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Fondazione	Base
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 40	≤ 35
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-	≤ 25
Quantità di frantumato	-	%	-	≥ 70
Dimensione max	CNR 23/71	mm	70	40
Sensibilità al gelo ³	CNR 80/80	%	≤ 30	≤ 20

L'aggregato fino (Passante al crivello UNI n. 5) deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nelle **Tabelle 3 e 4**.

TABELLA 3

STRADE PROVINCIALI A TRAFFICO PREVALENTEMENTE PESANTE				
<i>Passante al crivello UNI n. 5</i>				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Fondazione</i>	<i>Base</i>
<i>Equivalente in Sabbia</i>	<i>CNR 27/72</i>	<i>%</i>	<i>≥ 25</i>	<i>≥ 30</i>
<i>Indice Plasticità</i>	<i>CNR-UNI 10014</i>	<i>%</i>	<i>N.P.</i>	<i>N.P.</i>
<i>Limite Liquido</i>	<i>CNR-UNI 10014</i>	<i>%</i>	<i>≤ 25</i>	<i>N.D.</i>
<i>Passante allo 0.075</i>	<i>CNR 75/80</i>	<i>%</i>	<i>≤ 15</i>	<i>15</i>

TABELLA 4

STRADE PROVINCIALI A TRAFFICO PREVALENTEMENTE LEGGERO				
<i>Passante al crivello UNI n. 5</i>				
Indicatori di qualità			Strato pavimentazione	
<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>	<i>Fondazione</i>	<i>Base</i>
<i>Equivalente in Sabbia</i>	<i>CNR 27/72</i>	<i>%</i>	<i>≥ 15</i>	<i>≥ 25</i>
<i>Indice Plasticità</i>	<i>CNR-UNI 10014</i>	<i>%</i>	<i>≤ 6</i>	<i>N.P.</i>
<i>Limite Liquido</i>	<i>CNR-UNI 10014</i>	<i>%</i>	<i>≤ 30</i>	<i>N.D.</i>
<i>Passante allo 0.075</i>	<i>CNR 75/80</i>	<i>%</i>	<i>≤ 15</i>	<i>≤ 15</i>

Il materiale da impiegare, dopo l'eventuale correzione e miscelazione in impianto fisso, dovrà rispondere alle caratteristiche seguenti:

- a) *granulometria compresa nei seguenti fusi e avente andamento continuo e uniforme praticamente concorde a quello delle curve limiti:*

PER STRATO DI FONDAZIONE

Serie crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso
<i>crivello 71</i>	<i>100</i>
<i>crivello 40</i>	<i>75÷100</i>
<i>crivello 25</i>	<i>60÷87</i>
<i>crivello 10</i>	<i>35÷67</i>
<i>crivello 5</i>	<i>25÷55</i>
<i>setaccio 2</i>	<i>15÷40</i>
<i>setaccio 0,4</i>	<i>10÷25</i>
<i>setaccio 0,075</i>	<i>5÷15</i>

PER STRATO DI BASE

Serie crivelli e setacci UNI	Passante % totale in peso
Crivello 40	100
Crivello 30	95 -100
Crivello 15	70 -90
Crivello 10	50 -75
Crivello 5	35 -60
Setaccio 2	25 -50
Setaccio 0,4	15 -30
Setaccio 0,075	5 -15

- b) la dimensione massima dell'aggregato non deve in ogni caso superare la metà dello spessore dello strato di misto granulare ed il rapporto tra il passante al setaccio UNI 0,075 mm ed il passante al setaccio UNI 0.4 mm deve essere inferiore a 2/3;
- c) l'indice di portanza CBR (CNR-UNI 10009) dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non deve essere minore del valore assunto per il calcolo della pavimentazione ed in ogni caso non minore di 30 per materiale destinato alla formazione di strati di fondazione e non minore di 50 per materiale destinato alla formazione di strati di base;
- d) **per misti granulari impiegati in strati di base le miscele devono contenere oltre il 70% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi.**

2.2. Prove preliminari - accettazione del misto granulare

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 dei misti granulari che intende adottare. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato, che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un Laboratorio Autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici (Circolare n. 349/STC). Lo studio di laboratorio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia AASTHO modificata (CNR 69/78).

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

L'Impresa dovrà indicare per iscritto le modalità di posa in opera che intende adottare ed il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno accertati dalla Direzione Lavori con controlli sia preliminari che in corso d'opera. In questo ultimo caso verrà prelevato il materiale in sito già miscelato, prima e dopo il costipamento.

Per il materiale proveniente da cave l'Impresa dovrà indicare le fonti di approvvigionamento e la Direzione Lavori si riserva di accertarne i requisiti di accettazione mediante controlli sia in cava che in corso d'opera con le modalità sopra specificate.

Il materiale, qualora la Direzione Lavori ne accerti la non rispondenza anche ad una sola delle caratteristiche richieste, non potrà essere impiegato nella lavorazione e se la stessa Direzione Lavori riterrà, a suo insindacabile giudizio, che non possa essere reso idoneo mediante opportuni interventi correttivi da effettuare a cura e spese dell'Impresa, dovrà essere allontanato dal cantiere.

2.3. Modalità esecutive

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

Il materiale verrà steso in strati di spessore compreso non superiore a 35 cm e non inferiore a 15 cm e dovrà presentarsi, dopo il costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori.

In caso contrario l'Impresa, a sua cura e spese dovrà adottare tutti i provvedimenti atti al raggiungimento del valore prescritto, non esclusa la rimozione ed il rifacimento dello strato.

2.4. Controlli in corso d'opera

La Direzione Lavori dovrà verificare, avvalendosi delle prestazioni di Laboratorio Autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici (Circolare n. 349/STC), l'ottemperanza del materiale di fondazione e degli strati in opera ai seguenti requisiti di accettabilità accertati durante ed al termine della lavorazione:

- 2.4.1.** materiale classificato come A1-a secondo CNR-UNI 10006 e curva granulometrica che rientra nelle curve limite del fuso presentato al paragrafo 1.1. Si prevedono classificazioni (analisi granulometrica e limiti di Atterberg) ed equivalenti in sabbia sul passante al crivello 5 mm eseguiti secondo normativa vigente con frequenza di una prova ogni 2000 m² di stesa;
- 2.4.2.** prove Los Angeles eseguite sulle singole pezzature eseguiti secondo normativa vigente, con frequenza di una prova ogni 5000 m² di stesa;
- 2.4.3.** prove Proctor AASHTO Mod. T180 eseguiti secondo normativa vigente, con frequenza di una prova ogni 5000 m² di stesa;
- 2.4.4.** prove di densità in sito eseguiti secondo normativa vigente, con frequenza di una prova ogni 5000 m² di stesa;
- 2.4.5.** prove di piastra con determinazione del modulo di deformazione Md nell'intervallo di carico compreso tra 1,5 N/mm² e 2,5 N/mm² per strati di fondazione e tra 2,5 N/mm² e 3,5 N/mm² eseguiti secondo normativa vigente, con frequenza di una prova ogni 1000 m² di stesa.

TABELLA 1.4

Verifica prestazionale -REQUISITI RICHIESTI		
TIPO DI CAMPIONE	FONDAZIONE	BASE
Strato finito (densità in sito)	93÷95% del valore risultante dallo studio della miscela	95÷98% del valore risultante dallo studio della miscela
Strato finito (portanza)	Md=80÷100 N/mm ² (calcolato nell'intervallo tra 1,5N/mm ² e 2,5N/mm ²)	Md=100÷120 N/mm ² (calcolato nell'intervallo tra 2,5N/mm ² e 3,5N/mm ²)

I costi delle prove dovranno essere a carico dell'Impresa esecutrice dei lavori e qualora le prove non ottemperassero ai requisiti di accettabilità dovranno essere ripetute sino al raggiungimento dei valori richiesti addebitando sempre all'Impresa i costi delle ripetizioni.

E' facoltà della Direzione Lavori richiedere prima della posa in opera della fondazione/base un campo prove durante il quale l'Impresa dimostrerà che materiali, macchinari e posa in opera sono idonei ad ottemperare ai requisiti indicati nelle presenti specifiche Tecniche.

3. BASE IN MISTO CEMENTATO

Il misto cementato è costituito da una miscela di aggregati lapidei di primo impiego (misto granulare), trattata con un legante idraulico (cemento). La miscela deve assumere, dopo un adeguato tempo di stagionatura, una resistenza meccanica durevole, determinabile mediante prove eseguibili su provini di forma assegnata, anche in presenza di acqua o gelo.

3.1. Aggregati

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva non inferiore al 70% in peso sul totale degli aggregati.

Ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiore al limite stabilito; in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a sette giorni prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio 0,75 mm. Gli aggregati dovranno avere i seguenti requisiti:

- a) aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare ricavato da frantumazione di materiale lapideo;
- b) la miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto cementato deve avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato nella seguente Tabella 3.1.

TABELLA 2.1

Serie crivelli e setacci UNI		Autostrade e strade extraurbane principali	Extraurbane secondarie ed Urbane di scorrimento	Urbane di quartiere extraurbane e urbane locali
		Passante (%)		
Crivello	40	100	100	
Crivello	30	80 - 100	-	
Crivello	25	72 - 90	65 - 100	
Crivello	15	53 - 70	45 - 78	
Crivello	10	40 - 55	35 - 68	
Crivello	5	28 - 40	23 - 53	
Setaccio	2	18 - 30	14 - 40	
Setaccio	0,4	8 - 18	6 - 23	
Setaccio	0,18	6 - 14	2 - 15	
Setaccio	0,075	5 - 10	-	

- c) perdita in peso alla prova Los Angeles (CNR B.U. n. 34 del 28.3.1973) non superiore al 30% in peso;
- d) equivalente in sabbia (CNR B.U. n. 27 del 30.3.1972) compreso fra 30÷70;
- e) indice di plasticità (CNR UNI 10014) uguale a zero (materiale non plastico).

3.2. Legante

Dovrà essere impiegato cemento normale di tipo CEM I o CEM II 32,5R. A titolo indicativo la percentuale di cemento sarà compresa tra il 3,0% ed il 5,0% sul peso degli aggregati asciutti.

3.3. Acqua

Dovrà essere esente da impurità dannose, oli, acidi, alcali, materia organica e qualsiasi altra sostanza nociva. La quantità di acqua nella miscela sarà quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento con una variazione compresa entro $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze indicate di seguito.

3.4. Prove preliminari

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 dei misti cementati che intende adottare. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato, che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un Laboratorio autorizzato dal Ministero LL.PP.

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

L'Impresa dovrà indicare per iscritto le modalità di posa in opera che intende adottare ed il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

I requisiti di accettazione verranno accertati dalla Direzione Lavori con controlli sia preliminari che in corso d'opera.

Per il materiale proveniente da cave l'Impresa dovrà indicare le fonti di approvvigionamento e la Direzione Lavori si riserva di accertarne i requisiti di accettazione mediante controlli sia in cava che in corso d'opera con le modalità sopra specificate.

Il materiale, qualora la Direzione Lavori ne accerti la non rispondenza anche ad una sola delle caratteristiche richieste, non potrà essere impiegato nella lavorazione e se la stessa Direzione Lavori riterrà, a suo insindacabile giudizio, che non possa essere reso idoneo mediante opportuni interventi correttivi da effettuare a cura e spese dell'Impresa, dovrà essere allontanato dal cantiere.

3.5. Studio della miscela in laboratorio

L'Impresa dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela. Per ogni provenienza del materiale, ciascuna miscela proposta deve essere corredata da una documentazione dello studio di composizione effettuato, che deve comprendere i risultati delle prove sperimentali, effettuate presso un Laboratorio autorizzato dal Ministero LL.PP. La percentuale di cemento, come la percentuale di acqua, dovranno essere stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi CBR (CNR-UNI 10009) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm³); per il confezionamento dei provini gli stampi verranno muniti di collare di prolunga allo scopo di consentire il regolare costipamento dell'ultimo strato con la consueta eccedenza di circa 1 cm rispetto all'altezza dello stampo vero e proprio. Tale eccedenza dovrà essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del pro-

vino risulti definitivamente di 17,78 cm. La miscela di studio verrà preparata partendo da tutte le classi previste per gli aggregati, mescolandole tra loro, con il cemento, l'eventuale cenere e l'acqua nei quantitativi necessari ad ogni singolo provino. Comunque prima di immettere la miscela negli stampi si opererà una vagliatura sul crivello UNI 25 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente. La miscela verrà costipata su 5 strati, con il pestello e l'altezza di caduta di cui alla norma AASHTO modificato, con 85 colpi per strato, in modo da ottenere una energia di costipamento pari a quella della prova citata (diametro pestello $51 \pm 0,5$ mm, peso pestello $4,535 \pm 0,005$ Kg, altezza di caduta 45,7 cm). I provini dovranno essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 giorni in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 293 K); in caso di confezione in cantiere la stagionatura si farà in sabbia mantenuta umida. Operando ripetutamente nel modo suddetto, con l'impiego di percentuali in peso d'acqua diverse (sempre riferite alla miscela intera, compreso quanto eliminato per vagliatura sul crivello 25) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante.

I provini dovranno avere resistenza a compressione a 7 giorni di maturazione in ambiente controllato (20°C, UR $\geq 95\%$) non minore di 2,5 MPa e non superiore a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova "brasiliana" di cui alla norma CNR 97 del 31/03/1984, non inferiore a 0,25 MPa.

La posa in opera non deve essere eseguita quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

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

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

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

L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento per ogni cantiere, verranno accertate dalla Direzione Lavori con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ogni strato dovrà essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHTO modificata (AASHTO T 180-57 metodo D) con esclusione della sostituzione degli elementi trattenuti al crivello 25 UNI.

A lavorazione ultimata la superficie dello strato di misto cementato dovrà essere immediatamente protetta con una spruzzatura di emulsione acida ER 50 in ragione di $1,6 \text{ kg/m}^2$.

3.6. Controlli in corso d'opera

Il prodotto finito dovrà essere posto in opera in condizioni meteorologiche favorevoli in uno strato dello spessore, a compattazione ultimata, non superiore a cm 30, definendo gli spessori effettivi in funzione del dimensionamento della sovrastruttura.

Lo strato dovrà essere compattato con mezzi idonei in modo da ottenere una densità in sito (Norma CNR 22/72) non inferiore al 95% della densità secca AASHTO Modificato (Norma CNR 69/78).

La densità in sito dovrà essere accertata, con frequenza almeno giornaliera, immediatamente al termine della stesa o comunque prima dell'indurimento.

Con campioni prelevati durante la stesa dovrà inoltre essere confezionata una serie di n. 4 provini cilindrici da sottoporre a prove di compressione e trazione a 7 giorni, le cui risultanze non dovranno discostarsi di oltre $\pm 20\%$ dai valori di progetto della miscela preventivamente determinati, e comunque non essere inferiori a R_c 2,5 MPa (CNR 29/72) e R_t maggiore di 0,25 MPa con frequenza di una prova (n. 1 provino per la determinazione della resistenza a compressione R_c e n. 1 per la determinazione della resistenza a trazione R_t) ogni 500 m di stesa. Sul piano di base in misto cementato, completato e correttamente profilato, dovrà essere determinato altresì il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, (Norma CNR 146/92), con intervallo di carico $0,25 \div 0,35 \text{ N/mm}^2$; tale valore dovrà in

ogni caso risultare non inferiore a 300 N/mm^2 a partire da 7 giorni dalla posa in opera, oppure non inferiore a 100 N/mm^2 a compattazione ultimata con frequenza di una prova ogni 500 m di stesa.

La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm, controllato a mezzo di un regolo di 4,00 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore dovrà essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

In caso contrario l'Impresa a sua cura e spese, dovrà provvedere al raggiungimento dello spessore prescritto.

I costi delle prove e delle eventuali ripetizioni, qualora le prove non ottempereranno ai requisiti di accettabilità, dovranno essere a carico dell'Impresa esecutrice dei lavori. Si consiglia prima della posa in opera della fondazione un campo prove durante il quale l'Impresa dimostrerà che materiali e posa in opera sono conformi ai requisiti indicati nelle presenti Specifiche Tecniche.

La Direzione Lavori dovrà verificare, avvalendosi delle prestazioni di Laboratorio Autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici (Circolare n. 349/STC), l'ottemperanza dei materiali impiegati e degli strati in opera ai requisiti di accettabilità sopra descritti durante ed al termine della lavorazione.

4. PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERATO BITUMINOSO

Conglomerati bituminosi a caldo tradizionali

I conglomerati bituminosi a caldo tradizionali sono miscele, dosate a peso, costituite da aggregati lapidei di primo impiego, a granulometria chiusa o semiaperta, bitume tradizionale semisolido o bitume modificato tipo "soft", additivi ed eventuale conglomerato riciclato.

4.1. Materiali costituenti e loro qualificazione

4.2. Legante

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido o bitume modificato tipo "soft" ed eventualmente da quello proveniente dal conglomerato riciclato additivato con ACF (attivanti chimici funzionali). I bitumi tradizionali sono composti organici costituiti sostanzialmente da miscele di idrocarburi, completamente solubili in Toluene e dotati di capacità legante; i bitumi modificati sono composti costituiti da bitumi compatibili in cui sono dispersi polimeri. Il bitume deve essere del tipo 50/70, normale o modificato con polimeri, con le caratteristiche indicate nella tabella 1

TABELLA 1

Bitume			Tradizionale	Modificato
Parametro	Normativa	unità di misura	tipo 50/70	tipo 50/70 soft*
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70	50-70
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	46-56	≥ 60
Indice di penetrazione	UNI 4443		da -1,5 a 0	da 0 a +2,0
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593CNR43/74	°C	≤ -8	≤ -12
Solubilità in Toluene	EN 12592	%	≥ 99	-
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa*s	≤ 0,3	≤ 0,4
Esame microscopico in fluorescenza	Pr EN	-	-	foto
Ritorno elastico a 25°C, 50 mm/min	EN 13398	%	-	≥ 75
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN13399	°C	-	≤ 5
Valori dopo RTFOT	EN12607-1			
Volatilità	CNR54/77	%	≤ 0,5	≤ 0,8
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 50	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 9	≤ 5

* Il bitume tipo 50/70 soft potrà essere prescritto, a discrezione di D.L. e Progettista, per la formazione di manti d'usura di strade a traffico pesante prevalente oppure strade di montagna (quota media superiore a 500 m di altitudine) a traffico misto.

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. Tale certificazione sarà rilasciata da un Laboratorio autorizzato dal Ministero LL.PP. ed accettato dalla Direzione Lavori.

4.3. Additivi

Gli additivi sono prodotti naturali o artificiali che, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi. Gli **attivanti d'adesione**, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume – aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'acqua delle miscele bituminose. Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nelle tabelle 4, 8 e 9. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C) per lunghi periodi (15 giorni). L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografia su strato sottile (prova colorimetrica – ASTM D2327-74).

4.4 Aggregati

Gli aggregati lapidei, di primo impiego o di riciclo, costituiscono la fase solida dei conglomerati bituminosi preconfezionati a caldo. Gli aggregati di primo impiego risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi trattenuti al crivello UNI n. 5), degli aggregati fini e del filler, che può essere proveniente dalla frazione fina o di additivazione.

4.4.1. L'aggregato grosso deve essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee, da elementi naturali tondeggianti, da elementi naturali tondeggianti frantumati¹, 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 2.1 – 2.2 – 2.3

TABELLA 2.1 Aggregato grosso

Trattenuto al crivello UNI n. 5				
Requisiti di accettabilità			Base	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Traffico leggero prevalente	Traffico pesante prevalente
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	≤35	≤30
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	%	≤30	≤25
Quantità di frantumato	-	%	=	≥50
Dimensione max	CNR 23/71	mm	30	30
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤30	≤30
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤5	≤5
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤1	≤1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	=	≤30
Porosità	CNR 65/78	%	=	≤1,5

(*) 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 2.2 Aggregato grosso

Trattenuto al crivello UNI n. 5				
Requisiti di accettabilità			Binder	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Traffico leggero prevalente	Traffico pesante prevalente
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	≤30	≤25
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	%	≤25	≤20
Quantità di frantumato	-	%	≥50	≥90
Dimensione max	CNR 23/71	mm	20	25
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤30	≤30
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤5	≤5
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤1	≤1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	≤30	≤25
Porosità	CNR 65/78	%	≤1,5	≤1,5

(*) 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.

¹ Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 20% di superficie arrotondata.

TABELLA 2.3 Aggregato grosso

Trattenuto al crivello UNI n. 5				
Requisiti di accettabilità			Usura	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Traffico leggero prevalente	Traffico pesante prevalente
Los Angeles (*)	CNR 34/73	%	≤25	≤20
Micro Deval umida (*)	CNR 109/85	%	≤20	≤15
Quantità di frantumato	-	%	100	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	10	15
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤30	≤30
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤5	≤5
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≤1	≤1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	≤20	≤20
Porosità	CNR 65/78	%	≤1,5	≤1,5
CLA	CNR 140/92	%	≥0,42	≥0,45

(*) 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.

4.4.2.L'aggregato fine deve essere costituito da elementi naturali e di frantumazione. A seconda del tipo di strada, gli aggregati fini per conglomerati bituminosi preconfezionati a caldo tradizionali devono possedere le caratteristiche riassunte nelle tabelle 3.1 – 3.2 – 3.3

TABELLA 3.1 Aggregato fine

Trattenuto al crivello UNI n. 5	
Requisiti di accettabilità	base

Parametro	Normativa	Unità di misura	Traffico leggero prevalente	Traffico pesante prevalente
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥40	≥50
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	NP	NP
Limite liquido	CNR-UNI 10014	%	≤25	ND
Passante allo 0,075	CNR 75/80	mm	≤10	≤10
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	=	≥50

TABELLA 3.2 Aggregato fine

Trattenuto al crivello UNI n. 5				
Requisiti di accettabilità			binder	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Traffico leggero prevalente	Traffico pesante prevalente
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥50	≥60
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	NP	NP
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	ND	ND
Passante allo 0,075	CNR 75/80	mm	≤10	≤6
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	≥50	≥60

Tabella 3.3 Aggregato fine

Trattenuto al crivello UNI n. 5				
Requisiti di accettabilità			Usura	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Traffico leggero prevalente	Traffico pesante prevalente
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥60	≥80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014	%	NP	NP
Limite Liquido	CNR-UNI 10014	%	ND	ND
Passante allo 0,075	CNR 75/80	mm	≤5	≤5
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	100	100

Per aggregati fini utilizzati negli strati di usura il trattenuto al setaccio UNI 2 mm non deve superare il 10 % qualora gli stessi provengano da rocce aventi un valore di CLA ≤ 0,42.

4.4.3. Il filler, frazione passante al setaccio UNI 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi a caldo tradizionali deve soddisfare i requisiti indicati in tabella 4

TABELLA 4 Filler

Requisiti di accettabilità			Strato pavimentazione (per tutte le tipologie di traffico)
Parametro	Normativa	Unità di misura	Base -Binder -Usura
Spogliamento	CNR 138/92	%	≥ 5
Passante allo 0.18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0.075	CNR 75/80	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Ridgen	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5

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 riconosciuto dal Ministero LL.PP. e accettato dalla stazione appaltante.

4.5. Conglomerato con riciclato

Per conglomerato con riciclato deve intendersi il conglomerato bituminoso contenente materiale 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). Le percentuali in massa di materiale riciclato riferite al totale della miscela degli inerti, devono essere comprese nei limiti di seguito specificati:

-conglomerato per strato di base : ≤ 30% -conglomerato per strato di collegamento : ≤ 20% -conglomerato per tappeto di usura : ≤ 10%

Per la base può essere utilizzato conglomerato riciclato di qualsiasi provenienza; per il binder materiale proveniente da vecchi strati di collegamento ed usura, per il tappeto materiale provenienti esclusivamente da questo strato. La percentuale di conglomerato riciclato da impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori della stazione appaltante prima dell'inizio dei lavori. Gli attivanti chimici funzionali (ACF) possono essere impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso da riciclare e devono avere le caratteristiche chimico-fisiche riportate nella tabella 5

TABELLA 5

<i>ACF -Attivanti Chimici Funzionali</i>			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Densità a 25/25°C	ASTM D -1298	g/cm ³	0,900 -0,950
Punto di infiammabilità v.a.	ASTM D -92	°C	200
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	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

Gli attivanti chimici funzionali dovranno essere dosati in modo da rigenerare la quantità di conglomerato bituminoso riciclato (fresato) e le caratteristiche del bitume invecchiato in esso contenuto. L'effetto ACF e la congruità della quantità di conglomerato bituminoso da riciclare verranno controllati mediante prove di penetrazione (CNR 24/71 – EN 1426) e di punto di rottura Fraass (CNR 43/74 – EN 12593) sul legante bituminoso estratto dai campioni di conglomerato bituminoso prelevati durante la posa in opera, i cui valori dovranno ottemperare ai requisiti di accettabilità riportati nella tabella 6 e misurati entro 3 mesi dalla data del prelievo.

TABELLA 6

<i>Leganti bituminosi 50/70 e 50/70 soft modificato (estratti con Metodo Abson – CNR 133)</i>			<i>Pavimentazione</i>		
Requisiti di accettabilità	Normativa	unità di misura	Base	Binder	Tappeto
Penetrazione a 25°C	EN1426 CNR24/71	dmm	≥ 25	≥ 30	≥ 35
Punto di rottura (Fraass)	CNR43 /74 – EN 12593	°C	≥ 6	≥ 7	≥ 8

TABELLA 7

<i>Serie crivelli e setacci UNI</i>		<i>Base</i>	<i>Binder</i>	<i>Usura</i>	
				<i>Traffico leggero prevalente</i>	<i>Traffico pesante prevalente</i>
<i>Crivello</i>	<i>30</i>	<i>100</i>	<i>-</i>		
<i>Crivello</i>	<i>25</i>	<i>80 – 100</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	
<i>Crivello</i>	<i>15</i>	<i>50 – 70</i>	<i>65 -100</i>	<i>100 90 – 100</i>	
<i>Crivello</i>	<i>10</i>	<i>35 – 60</i>	<i>55 – 75</i>	<i>70 – 100 70 – 90</i>	
<i>Crivello</i>	<i>5</i>	<i>25 – 50</i>	<i>35 – 55</i>	<i>40 – 60 45 – 55</i>	
<i>Setaccio</i>	<i>2</i>	<i>20 – 35</i>	<i>25 – 38</i>	<i>25 – 38 25 – 38</i>	
<i>Setaccio</i>	<i>0,4</i>	<i>6 – 20</i>	<i>10 – 20</i>	<i>11 – 20 11 – 20</i>	
<i>Setaccio</i>	<i>0.18</i>	<i>4 – 14</i>	<i>5 – 15</i>	<i>8 – 15 8 – 15</i>	
<i>Setaccio</i>	<i>0,075</i>	<i>4 – 8</i>	<i>4 -8</i>	<i>6 – 10 6 – 10</i>	
<i>% di bitume</i>		<i>4,0 ÷ 5,5</i>	<i>4,5 ÷ 6,0</i>	<i>5,5 ÷ 6,5 5,0 ÷ 6,5</i>	
<i>Spessore, mm</i>		<i>≥60-≤100</i>	<i>≥40-≤70</i>	<i>≥20-≤40 ≥30-≤50</i>	

La quantità di bitume nuovo di effettivo impiego deve essere determinata mediante lo studio della miscela con metodo volumetrico (pressa giratoria) o con il tradizionale metodo Marshall (B.U. del C.N.R. n°30-75 colpi per faccia) Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate in tabella 8 ed in tabella 9

TABELLA 8

METODO VOLUMETRICO	Strato pavimentazione			
	Traffico pesante prevalente			
Condizioni di prova	Unità di misura	Base	Binder	Usura
Angolo di rotazione		1,25° ± 0,02		
Velocità di rotazione	Rotazioni/min	30		
Pressione verticale	kPa	600		
Diametro del provino	mm	150		
Requisiti di accettabilità				
Vuoti a 10 rotazioni	%	10 ÷ 14	10 ÷ 14	10 ÷ 14
Vuoti a 100 rotazioni	%	3 ÷ 5	3 ÷ 5	4 ÷ 6
Vuoti a 180 rotazioni	%	> 2	> 2	> 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (*)	N/mm ²			0,6÷1,0
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C (*)	N/mm ²			>50
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25	≤ 25	≤ 25
(*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria				

TABELLA 9.1

METODO MARSHALL	Base		
Condizioni di prova	Unità di misura	Traffico leggero prevalente	Traffico pesante prevalente
Requisiti di accettabilità			
Stabilità Marshall	kN	>6	>8
Rigidezza Marshall	kN/mm	2,5÷5,5	2,5÷6,0
Vuoti residui	%	4÷8	4÷8
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua a 20°C	%	≤ 25	≤ 25

TABELLA 9.2

METODO MARSHALL	Binder		
Condizioni di prova	Unità di misura	Traffico leggero prevalente	Traffico pesante prevalente
Requisiti di accettabilità			
Stabilità Marshall	kN	>8	>10
Rigidezza Marshall	kN/mm	3,0÷6,0	3,5÷6,0
Vuoti residui	%	4÷7	4÷7
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua a 20°C	%	≤ 25	≤ 25

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

TABELLA 9.3

METODO MARSHALL	<i>Tappeto</i>		
	<i>Unità di misura</i>	<i>Traffico leggero prevalente</i>	<i>Traffico pesante prevalente</i>
<i>Condizioni di prova</i>			
<i>Requisiti di accettabilità</i>			
<i>Stabilità Marshall</i>	<i>kN</i>	<i>>10</i>	<i>>12</i>
<i>Rigidità Marshall</i>	<i>kN/mm</i>	<i>4,0÷5,5</i>	<i>4,0÷5,5</i>
<i>Vuoti residui</i>	<i>%</i>	<i>3÷6</i>	<i>3÷6</i>
<i>Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua a 20°C</i>	<i>%</i>	<i>≤ 25</i>	<i>≤ 25</i>
<i>Resistenza a trazione indiretta a 25°C</i>	<i>N/mm²</i>	<i>=</i>	<i>0,7÷1,4</i>
<i>Coefficiente di trazione indiretta a 25°C</i>	<i>N/mm²</i>	<i>=</i>	<i>>70</i>

4.6. Accettazione delle miscele

L'Impresa è tenuta a presentare alla Stazione Appaltante e, di conseguenza, alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ciascun cantiere di produzione: l'ubicazione dell'impianto, la qualifica degli inerti e degli altri materiali, la composizione delle miscele che intende adottare; ciascuna composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente. Nella curva granulometrica sono ammessi scostamenti delle singole percentuali dell'aggregato grosso di $\pm 6\%$ per lo strato di base e di $\pm 4\%$ per gli strati di binder ed usura; sono ammessi scostamenti dell'aggregato fino (passante al crivello UNI n. 5) contenuti in $\pm 3\%$; scostamenti del passante al setaccio UNI 0,075 mm contenuti in $\pm 2\%$. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,3$. Tali valori devono essere soddisfatti dall'esame delle miscele prelevate alla stesa, come pure dall'esame delle carote prelevate in sito, tenuto conto per queste ultime della quantità teorica del bitume di ancoraggio. È facoltà della Direzione Lavori richiedere un campione di conglomerato bituminoso (Base, Binder o Tappeto), quindici giorni prima dell'inizio dei lavori, in modo da affidare ad un laboratorio di suo gradimento il controllo delle miscele proposte e la conformità alle prescrizioni del capitolato.

4.7. Confezionamento delle miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, in relazione anche alle condizioni di contenuto d'acqua dei materiali nei cumuli, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea ri-classificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata e documentata. 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 ag-

gregati. Inoltre 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. L'umidità del conglomerato da riciclare prima del riscaldamento deve essere comunque inferiore al 6%. Il tempo di miscelazione deve essere infatti stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli inerti (fresato più aggregati lapidei) con il legante. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,3% in massa. La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere compresa tra 160°C e 200°C e quella del legante tra 150°C e 180°C, in rapporto al tipo di bitume impiegato (Bitume 50/70 normale o modificato "soft"). 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, i cui certificati di taratura dovranno essere presentati su richiesta alla D. L.

4.8. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario preparare la superficie di stesa 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.

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

Il materiale da impiegare a tale fine è rappresentato da una emulsione bituminosa cationica, le cui caratteristiche sono riportate in tabella 10, applicata con un dosaggio di bitume residuo almeno pari a 1,0 kg/m².

TABELLA 10

Requisiti di accettabilità	Normativa	Unità di misura	Cationica 55%
Polarità	CNR 99/84		positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	45±2
Contenuto di bitume+flussante	CNR 100/84	%	55±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	1-6
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	2-6
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71-EN 1426	dmm	180-200
Punto di rammollimento	CNR 35/73-EN1427	°C	30±5

4.8.2. Per mano d'attacco si intende una emulsione bituminosa a rottura media oppure rapida (in funzione delle condizioni di utilizzo), applicata sopra una superficie di conglomerato bituminoso prima della realizzazione di un nuovo strato, avente lo scopo di evitare possibili scorrimenti relativi aumentando l'adesione all'interfaccia. Le caratteristiche ed il dosaggio del materiale da impiegare variano a seconda che l'applicazione riguardi la costruzione di una nuova sovrastruttura oppure un intervento di manutenzione. Nel caso di nuove costruzioni, il materiale da impiegare è rappresenta-

to da una emulsione bituminosa cationica (al 60 % oppure al 65 % di legante), le cui caratteristiche sono riportate in tabella 11, dosata in modo che il bitume residuo risulti pari a $0,30 \text{ kg/m}^2$.

TABELLA 11

Requisiti di accettabilità	Normativa	Unità di misura	Cationic a 60%	Cationic a 65%
Polarità	CNR 99/84		Positiva	positiva
Contenuto di acqua % peso	CNR 101/84	%	40±2	35±2
Contenuto di bitume + flussante	CNR 100/84	%	60±2	65±2
Flussante (%)	CNR 100/84	%	1-4	1-4
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	5-10	15-20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 8	< 8
Residuo bituminoso				
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71EN 1426	dmm	< 100	< 100
Punto di rammollimento	CNR 35/73EN1427	°C	> 40	> 40

Nel caso di stesa di conglomerato bituminoso 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 rispettivamente nella tabella 11. Ai fini dell'accettazione del legante per mani d'attacco, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati ed a produrre campioni dei prodotti che intende utilizzare per un controllo presso un Laboratorio di gradimento della Stazione Appaltante.

4.9. Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza, dotate di automatismi di autolivellamento e di dispositivo di controllo della temperatura al banco. Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi. Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzerramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati 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.

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione 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 per i conglomerati impastati con bitume 50/70 normale e non inferiore a 160°C con conglomerati impastati con bitumi modificati "soft". La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro. Gli strati eventualmente compromessi devono essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa. La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla vibrofinitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento deve essere realizzato preferibilmente con rulli gommati del peso di 16 ÷ 30 t. 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 15 t unitamente al rullo gommato. 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 dello strato di base verrà stesa dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza della fondazione ai requisiti di quota, sagoma, densità e portanza indicati in progetto. Prima della stesa del conglomerato bituminoso su strati di fondazione in misto cementato deve essere rimossa, per garantirne l'ancoraggio, la sabbia eventualmente non trattenuta dall'emulsione stesa precedentemente a protezione del misto cementato stesso. 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.

4.10. Qualificazione degli impasti e campo prove

È facoltà della Direzione Lavori richiedere all'Impresa la consegna di campioni di inerte, legante e di impasti di conglomerati bituminosi rimaneggiati per le diverse tipologie di componenti strutturali della pavimentazione flessibile ad un Laboratorio autorizzato dal Ministero LL. PP in modo da verificare l'idoneità e la conformità alle prestazioni riportate nelle presenti Specifiche Tecniche almeno quindici giorni prima dell'inizio di ogni lavorazione. E' altresì facoltà della Direzione Lavori richiedere la predisposizione di un **campo prove** affinché la D.L. e la Stazione Appaltante possano verificare la qualità dei materiali prodotti e la loro posa e resa in opera. Il campo prove o le prove di caratterizzazione preliminari dovranno essere ultimate almeno 15 giorni prima dell'effettivo inizio di ogni lavorazione, in modo da consentire ai Tecnici dell'Impresa, alla Direzione Lavori ed ai Laboratori di cantiere e a quello di riferimento della Stazione Appaltante, i controlli di idoneità rispetto alle prescrizioni del Capitolato. L'Impresa dovrà eseguire il campo prove in un'area esterna all'area di progetto che dovrà essere accuratamente predisposta in modo da consentire la più completa attinenza alle reali condizioni operative. Al termine dei controlli, se positivi, l'impresa potrà procedere con i lavori nell'area di progetto ed i dati raccolti e opportunamente sintetizzati in una relazione tecnica rilasciata dai laboratori, saranno utilizzati come riferimento per i controlli qualità in corso d'opera.

4.11. 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 con prove in situ. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella 36.1.14. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio riconosciuto dalla Stazione Appaltante, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

4.12. Controlli su campioni rimaneggiati

Sul conglomerato bituminoso prelevato dalla vibrofinitrice (campione rimaneggiato) si valutano le caratteristiche meccaniche definite mediante opportuni parametri. I valori di tali grandezze sono determinati su provini confezionati in laboratorio e dovranno soddisfare i requisiti riportati nelle tabelle 7, 8 e 9. Lo spessore dello strato e/o degli strati viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, 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%.

Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,0% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 25% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

4.13. Controlli in sito

I controlli in sito verranno attuati mediante l'esecuzione di carotaggi continui con carotieri $D = 150$ mm, effettuati prelevando due campioni per ogni postazione; una carota destinata alla determinazione in laboratorio del contenuto di bitume (B.U. CNR 38/73) e della massa volumica degli inerti (B.U. CNR 63/78) dello strato e/o degli strati, ed una carota destinata alla determinazione della massa volumica apparente dello strato e/o degli strati (B.U. CNR 40/73), per poter misurare in laboratorio la porosità o percentuale dei vuoti dei conglomerati bituminosi in opera (B.U. CNR 39/73). Le caratteristiche richieste per lo strato di base, il binder ed il tappeto di usura sono riportate in tabella 12.

TABELLA 12				
Requisiti di accettabilità	Base	Binder	Usura Traffico leggero prevalente Traffico pesante prevalente	
Porosità (%vuoti residui)	≤ 9	≤ 8	≤ 7	≤ 7
% di bitume	4,0 – 5,5	4,5 – 6,0	5,5 -6,5	5,0 -6,5

Per il tappeto di usura il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare superiore o uguale a 0,55. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Portable Number) maggiori o uguali a 55 da eseguire entro tre mesi dalla posa in opera. L'altezza di sabbia (HS_5), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo, deve essere superiore o uguale a 0,4 mm. La verifica della regolarità del profilo longitudinale della superficie (International Roughness Index -IRI) misurata con apparecchiatura ad alto rendimento ARAN o APL dovrà risultare inferiore a 1,3 mm/m, calcolata per tutta la lunghezza della tratta pavimentata. Le misure di CAT (o BPN), HS e IRI devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 90° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia. I valori misurati possono, eventualmente essere mediati ogni 250 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

⁵

Mini texture meter (WDM -TRRL), SUMMS, ecc.

TABELLA 13

Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
Strato	Tipo di campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti richiesti
Base, Binder, Usura	Bitume	Cisterna	Inizio lavori e ogni 5.000 m3 di stesa	Riferimento Tabella 1
Base, Binder, Usura	Aggregato grosso	Impianto	Inizio lavori e ogni 6.000 m3 di stesa	Riferimento Tabelle 2.1-2.2-2.3
Base, Binder, Usura	Aggregato fino	Impianto	Inizio lavori e ogni 6.000 m3 di stesa	Riferimento Tabelle 3.1-3.2-3.3
Base, Binder, Usura	Filler	Impianto	Inizio lavori e ogni 6.000 m3 di stesa	Riferimento Tabella 4
Base, Binder, Usura	Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Inizio lavori e ogni 6.000 m2 di stesa	% di bitume, Marshall completa o pressa giratoria riferimento Tabelle 7-8-9
Base, Binder, Usura	Carote x spessori	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Spessore previsto in progetto
Base, Binder, Usura	Carote x densità in sito	Pavimentazione	Ogni 500 m di fascia di stesa	Vuoti residui riferimento Tabella 12
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	CAT $\geq 0,55$ (media su 50m) BPN 55 (ogni 300 m.)
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	HS $\geq 0,4$ mm (media su 50 m)
Usura	Pavimentazione	Pavimentazione	Ogni 100 m di fascia di stesa	IRI $\leq 1,3$ mm/m

4.14. Penalità

Nel caso in cui i lavori previsti dal presente Capitolato, allegato ai singoli progetti esecutivi e contratti d'Appalto non vengano eseguiti in ottemperanza ai requisiti di accettabilità richiesti, la Direzione Lavori effettuerà **detrazioni** sull'importo relativo alle quantità contestate in funzione della minore quantità o peggiore qualità relative ai materiali impiegati ed alla posa in opera. Nei casi più gravi imporrà all'Impresa la **rimozione** ed il **rifacimento integrale** del componente strutturale della pavimentazione bituminosa contestata senza oneri aggiuntivi per la Stazione Appaltante. Le penalità inerenti le deficienze riscontrate nell'esecuzione lavori e le relative sanzioni pecuniarie sono state, per eventuali valori eccedenti il campo di accettabilità dei materiali e dei conglomerati bituminosi per ogni strato, così articolate:

Spessori in opera: lo spessore dello strato e/o degli strati viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, 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%. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,0% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante.

Per carenze superiori al 30% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

- **Percentuale di bitume:** per ogni 0,2% in massa, riferito alla massa dell'impasto bituminoso, in meno o in più rispetto ai valori prescritti, verrà applicata una detrazione pari all' 1% del prezzo di Elenco Prezzi
- **Percentuale dei vuoti:** il rispetto dei requisiti di accettabilità previsti per le percentuali dei vuoti residui degli strati di base bitumata (tout Venant), di collegamento (binder) e di usura sa-

ranno particolarmente controllati dalla Direzione Lavori per le conseguenze negative sulla durezza della pavimentazione dovute a componenti strutturali bituminosi troppo porosi:

per i valori dei vuoti residui in opera, misurati mediante carotaggio e determinazione in laboratorio (B.U. del C.N.R. n°39) negli **strati di base** saranno applicate le seguenti detrazioni sul prezzo di listino:

- 1% per percentuali comprese tra 9,1 e 10,0 %
 - 5% per percentuali comprese tra 10,1 e 11,0 %
 - 10% per percentuali comprese tra 11,1 e 12,0 %
 - 15% per percentuali comprese tra 12,1 e 13,0 %
 - 25% per percentuali comprese tra 13,1 e 14,0 %
- Rimozione gratuita e nuova posa in opera dello strato di base con oltre il 14% di vuoti residui.

-Per gli **strati di binder** saranno applicate le seguenti detrazioni sul prezzo di Elenco Prezzi:

- 1% per percentuali comprese tra 8,1 e 9,0 %
 - 5% per percentuali comprese tra 9,1 e 10,0 %
 - 10% per percentuali comprese tra 10,1 e 11,0 %
 - 15% per percentuali comprese tra 11,1 e 12,0 %
 - 25% per percentuali comprese tra 12,1 e 14,0 %
- Rimozione gratuita e nuova posa in opera dello strato di collegamento (binder) con oltre il 14% di vuoti residui.

-Per gli **strati di tappeto** saranno applicate le seguenti detrazioni sul prezzo di Elenco Prezzi:

- 2% per percentuali comprese tra 7,1 e 8,0 %
 - 5% per percentuali comprese tra 8,1 e 9,0 %
 - 10% per percentuali comprese tra 9,1 e 10,0 %
 - 15% per percentuali comprese tra 10,1 e 12,0 %
 - 30 % per percentuali comprese tra 12,1 e 14,0 %
- Rimozione gratuita e nuova posa in opera dello strato di usura con oltre il 14% di vuoti residui e con meno del 3% di vuoti residui per evitare essudazioni (bleeding).

Aderenza e sicurezza

L'Impresa ha l'obbligo di garantire la sicurezza agli utenti del nuovo piano viabile e dovrà pertanto assicurare il raggiungimento dei valori di soglia per la rugosità (CAT, BPN e HS) e per la regolarità (IRI) della superficie delle pavimentazione. **Entro tre mesi** dall'apertura al traffico del nuovo manto di usura D.L. e Stazione Appaltante dovranno controllare i sopra riportati valori prestazionali in sito ed applicare per non conformità conclamate le seguenti detrazioni:

- se il valore del CAT (o BPN) risulta inferiore a 0,55 (55) ma superiore a 0,50 (50) verrà applicata una detrazione pari al 5% del prezzo di listino;
 - se il valore del CAT (o BPN) risulta inferiore a 0,50 (50) ma superiore a 0,45 (45) verrà applicata una detrazione pari al 10% del prezzo di listino;
 - se il valore risulta inferiore a 0,45 (45) ma superiore a 0,38 (38) verrà applicata una **detrazione** pari al 30% del prezzo di listino;
 - se il valore risulta inferiore a 0,38 (38) l'Impresa procederà gratuitamente all'**asportazione** completa, mediante fresatura, dello strato di usura, ed alla formazione di un nuovo strato che ottemperi alle prescrizioni riportate nel presente Capitolato, giacchè un valore inferiore a 0,38 (38) determinato entro tre mesi dall'apertura al traffico del piano viabile pone a rischio la sicurezza degli utenti.
-

5. CONGLOMERATI BITUMINOSI SPECIALI PRECONFEZIONATI A CALDO

Conglomerati Bituminosi a granulometria aperta (drenanti), semi aperta (grenu), discontinua (splittmastix) per tappeti di usura

*I conglomerati bituminosi a caldo cosiddetti di nuova concezione sono impiegati per la realizzazione di manti di usura speciali. Si tratta di conglomerati che, grazie alle particolari caratteristiche tessiture e alla elevata qualità dei materiali costituenti, consentono di conseguire a prestazioni di livello superiore in termini di durabilità, stabilità e sicurezza. Di seguito vengono trattati i tappeti drenanti a granulometria aperta, i tappeti a granulometria semiaperta (grenu) e i tappeti a granulometria discontinua che in Europa vengono contraddistinti dal termine tedesco "splittmastix". Per tutti questi manti, ed in particolare per i drenanti, l'elevato contributo fornito alla sicurezza suggerisce una progressiva maggiore applicazione sia nel caso di pavimentazioni di nuove strade, sia nel rifacimento del manto di usura di pavimentazioni esistenti. I tappeti di **usura drenanti** sono manti dotati di elevata porosità e rugosità superficiale, drenanti e fonoassorbenti, in grado di fornire una buona aderenza anche in caso di pioggia e di abbattere il rumore di rotolamento. I **grenu semiaperti** a caldo sono manti caratterizzati da una elevata rugosità superficiale, fonoassorbenti. Gli **splittmastix** sono conglomerati chiusi, ad alto contenuto di pietrischetti, graniglie e di legante, in grado di fornire rugosità superficiale, impermeabilità, resistenza alle deformazioni e all'ormaiamento.*

5.1 Materiali costituenti e loro qualificazione

5.1.1 Bitume

*I bitumi modificati sono bitumi semisolidi che possono contenere polimeri elastomerici e/o plastomerici che ne modificano la struttura chimica e le caratteristiche fisiche e meccaniche. Per i **conglomerati bituminosi drenanti** il bitume deve essere del tipo C con le caratteristiche indicate nella tabella 1 Per i **grenu semiaperti** a seconda del traffico, il bitume deve essere del tipo A oppure del tipo B con le caratteristiche indicate nella tabella 1 Per gli **splittmastix** a seconda del traffico, il bitume deve essere del tipo A o del tipo B con le caratteristiche indicate nella tabella 1.*

TABELLA 1

Bitume			Tradizionale	Modificato	
Parametro	Normativa	unità di misura	A	B soft	C hard
Penetrazione a 25°C	EN1426, CNR24/71	dmm	50-70	50-70	50/70
Punto di rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	46-56	≥ 60	≥ 65
Indice di penetrazione	UNI 4443		Da -1,5 a 0	da 0 a +2	da +2 a +5
Punto di rottura (Fraass)	EN 12593CNR43/74	°C	≤ -8	≤ -12	≤ -15
Solubilità in Toluene	EN 12592	%	≥ 99	=	=
Viscosità dinamica a 160°C, $\gamma = 10s^{-1}$	PrEN 13072-2	Pa•s	≤ 0,3	≤ 0,4	≤ 0,6
Esame microscopico in fluorescenza	Pr EN	=	=	foto	foto
Ritorno elastico a 25°C, 50 mm/min	EN 13398	%	=	≥ 75	≥ 75
Stabilità allo stoccaggio 3gg a 180°C Variazione del punto di Rammollimento	EN13399	°C	=	≤ 5	≤ 5
Valori dopo RTFOT	EN12607-1				
Volatilità	CNR54/77	%	≤ 0,5	=	=
Penetrazione residua a 25°C	EN1426, CNR24/71	%	≥ 50	≥ 60	≥ 60
Incremento del punto di Rammollimento	EN1427, CNR35/73	°C	≤ 9	≤ 5	≤ 5

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. Tale certificazione sarà rilasciata da un Laboratorio autorizzato dal Ministero LL.PP. indicato dalla Direzione Lavori. L'opzione bitume (normale o modificato) verrà definita dalla Stazione Appaltante in fase di progetto di riabilitazione o manutenzione straordinaria del manto d'usura.

5.1.2. Additivi

Gli additivi sono prodotti che, aggiunti agli aggregati o ai leganti bituminosi, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Gli attivanti d'adesione, sostanze tensioattive che favoriscono l'adesione bitume – aggregato, sono additivi utilizzati per migliorare la durabilità all'azione dell'acqua delle miscele bituminose.

Il loro dosaggio, da specificare obbligatoriamente nello studio della miscela, potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto. La scelta del tipo e del dosaggio di additivo dovrà essere stabilita in modo da garantire le caratteristiche di resistenza allo spogliamento e di durabilità all'azione dell'acqua riportate nelle tabelle 4, 6, 7, 9, 10, 12 e 13. In ogni caso, l'attivante di adesione scelto deve presentare caratteristiche chimiche stabili nel tempo anche se sottoposto a temperatura elevata (180°C) per lunghi periodi (15 giorni) nelle cisterne. L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee, tali da garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso. La presenza ed il dosaggio degli attivanti d'adesione nel bitume vengono verificati mediante la prova di separazione cromatografia su strato sottile (prova colorimetrica – ASTM D2327-74).

Le fibre stabilizzanti, costituite da microfibre di cellulosa oppure di vetro, acriliche, ecc., nelle miscele ricche di graniglia e povere di sabbia hanno una funzione stabilizzante del mastice (filler + bitume) evitandone la separazione dallo scheletro litico.

L'Impresa deve, qualora la Stazione Appaltante e la Direzione Lavori richiedano l'utilizzo di fibre stabilizzanti, dichiarare la tipologia delle fibre che intende impiegare e sottoporre relativa scheda tecnica, comprovante le prestazioni e la funzionalità del prodotto, per gli indispensabili controlli.

5.1.3 Aggregati

Gli aggregati lapidei costituiscono la fase solida dei conglomerati per manti di usura speciali. Essi risultano composti dall'insieme degli aggregati grossi (trattenuti al crivello UNI n°5), degli aggregati fini (passanti al crivello UNI n°5) e del filler che può essere in parte naturale, proveniente dalla frazione fina, o di additivazione con prodotti commerciali.

5.1.3.1 L'aggregato grosso deve essere costituito da pietrischetti e graniglie ottenuti dalla frantumazione di rocce lapidee o da litotipi naturali d'origine alluvionale o fluviale frantumati¹. Tali elementi potranno essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella tabella 2.

¹ Un granulo si intende frantumato quando presenta meno del 10% di superficie arrotondata.

TABELLA 2 -AGGREGATO GROSSO

Trattenuto al crivello UNI n. 5			
Requisiti di accettabilità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Los Angeles	CNR 34/73	%	≤ 20
Micro Deval umida	CNR 109/85	%	≤ 15
Quantità di frantumato	-	%	100
Dimensione max	CNR 23/71	mm	20
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	≤ 20
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5
Passante allo 0,075	CNR 75/80	%	≤ 1
Indice appiattimento	CNR 95/84	%	≤ 20
Porosità	CNR 65/78	%	≤ 1,5
Coefficiente di Levigatezza Accelerata (CLA)	CNR 140/92	%	≥ 0,42

5.1.3.2. L'aggregato fine deve essere costituito esclusivamente da sabbie di frantumazione e possedere le caratteristiche riassunte nella tabella 36.2.3. Il trattenuto al setaccio 2 mm deve provenire da rocce aventi un valore di CLA ≥ 0,42.

TABELLA 3 -AGGREGATO FINE

Passante al crivello UNI n. 5			
Requisiti di accettabilità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Equivalente in sabbia	CNR 27/72	%	≥ 80
Passante allo 0,075	CNR 75/80	%	≤ 10
Quantità di frantumato	CNR 109/85	%	100

5.1.3.3. Il filler, frazione passante al setaccio 0,075 mm, proviene dalla frazione fina degli aggregati oppure può essere costituito da polvere di roccia, preferibilmente calcarea, da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti. In ogni caso il filler per conglomerati bituminosi di usura speciali deve soddisfare i requisiti indicati nella tabella 4.

TABELLA 4 -FILLER

Requisiti di accettabilità			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
Spogliamento	CNR 138/92	%	≤ 5
Passante allo 0,18	CNR 23/71	%	100
Passante allo 0,075	CNR 75/80	%	≥ 80
Indice Plasticità	CNR-UNI 10014		N.P.
Vuoti Ridgen	CNR 123/88	%	30-45
Stiffening Power Rapporto filler/bitume = 1,5	CNR 122/88	ΔPA	≥ 5

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 autorizzato dal Ministero LL.PP. e accettato dalla Direzione Lavori.

5.2 Miscele

5.2.1. Le miscele degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi a **granulometria aperta (Drenanti)** devono avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in tabella 5. La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre stabilizzanti preferibilmente cellulosa in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto alla massa degli aggregati + filler. La percentuale di legante bituminoso, riferita alla massa degli aggregati + filler, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella 5.

TABELLA 5

Serie crivelli e setacci UNI		Tappeto Usura Drenante		
		A	B	C
Crivello	20	100	100	100
Crivello	15	80 – 100	90 – 100	100
Crivello	10	15 – 35	35 – 50	85 – 100
Crivello	5	5 – 20	10 – 25	5 – 20
Setaccio	2	0 – 12	0 – 12	0 – 12
Setaccio	0,4	0 – 10	0 – 10	0 – 10
Setaccio	0,18	0 – 8	0 – 8	0 – 8
Setaccio	0,075	0 – 6	0 – 6	0 – 6
% di bitume		4,5 ÷ 5,5		
Drenabilità		Ottima	Elevata	Buona

Il fuso A è da impiegare per spessori almeno di 4 cm, il fuso B per spessori di 3 – 4 cm e il fuso C per microtappeti con spessore inferiore a 3 cm.

La quantità di bitume modificato deve essere determinata mediante lo studio di formulazioni con metodo volumetrico (pressa giratoria) o, in alternativa, con il tradizionale metodo Marshall (B.U. del C.N.R. n°30)

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi drenanti sono riportate nella tabella 6 e nella tabella 7.

TABELLA 6

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1,25° ± 0,02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	≥ 25
Vuoti a 100 rotazioni	%	≥ 22
Vuoti a 180 rotazioni	%	≥ 18
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (*)	N/mm ²	0,15 – 0,30
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25°C (*)	N/mm ²	> 10
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

TABELLA 7

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	50 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	> 6
Rigidezza Marshall	KN/mm	> 2,5
Vuoti residui	%	18÷22
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	> 25
Resistenza a trazione indiretta a 25°C	N/mm ²	0,35 – 0,55
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C	N/mm ²	> 30

Le masse volumiche e le percentuali di vuoti residui devono essere determinate considerando il volume geometrico dei provini.

Coefficiente di trazione indiretta

$$CTI = \pi/2 DRt/Dc$$

dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

5.2.2. Le miscele degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi a tessitura **semiaperta in superficie (Grenu)** devono avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso riportato in tabella 8. La percentuale di legante bituminoso, riferita alla massa degli aggregati + filler, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella 8.

TABELLA 8

Serie crivelli e setacci UNI		%Passanti
Crivello	15	100
Crivello	10	90 -100
Crivello	5	20 -30
Setaccio	2	15 -25
Setaccio	0,4	8 -16
Setaccio	0.18	6 -12
Setaccio	0.075	5 -10
Percentuale di bitume		5,0 – 6,0

La quantità di bitume deve essere determinata mediante lo studio di formulazioni con metodo volumetrico (pressa giratoria) o, in alternativa, con il tradizionale metodo Marshall (B.U. del C.N.R. n° 30)

Le caratteristiche richieste per i conglomerati bituminosi granulometria semiaperta (grenu) sono riportate nella tabella 9 e nella tabella 10.

TABELLA 9

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1,25° ± 0,02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	18 -22
Vuoti a 50 rotazioni	%	10 -14
Vuoti a 180 rotazioni	%	≤ 8
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (*)	N/mm2	0,3 -0,6
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25°C (*)	N/mm2	> 25
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 25
(*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

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

TABELLA 10

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	75 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	>10
Rigidezza Marshall	KN/mm	3,0 – 5,5
Vuoti residui (□)	%	4 – 8
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	> 25
Resistenza a trazione indiretta a 25°C	N/mm2	0,50 – 1,10
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C	N/mm2	> 45

Le masse volumiche e le percentuali di vuoti residui devono essere determinate in conformità alle norme B.U. del CNR n°39 e n°40, utilizzando la massa volumica dei granuli, della miscela di inerti, determinata in conformità alla norma B.U. del CNR n°63.

5.2.3. Le miscele degli aggregati da adottarsi per i conglomerati bituminosi a **granulometria discontinua (Splittmastix)** devono, considerando lo spessore dello strato, rispettare le curve limite dei fusi riportati in tabella 11.

La percentuale di legante bituminoso, riferita al peso degli aggregati, deve essere compresa nei limiti indicati nella stessa tabella 11

TABELLA 11

Serie crivelli e setacci UNI		Tipo 0/12	Tipo 0/8	Tipo 0/5
Crivello	25	100		
Crivello	15	90 – 100	100	
Crivello	10	50 – 75	90 – 100	100
Crivello	5	25 – 45	25 – 45	90 – 100
Crivello	2	20 – 30	20 – 30	30 – 40
Setaccio	0,4	12 – 22	10 – 20	15 – 28
Setaccio	0,18	9 – 18	9 – 18	10 – 20
Setaccio	0,075	8 – 13	8 – 13	8 – 13
Percentuale di bitume		6,5 – 7,5	6,5 – 7,5	7,0 – 8,0

La miscela deve essere additivata, mediante idonee apparecchiature, con fibre stabilizzanti in quantità comprese tra lo 0,25% e lo 0,40% rispetto alla massa degli aggregati.

La quantità di bitume modificato deve essere determinata mediante lo studio di formulazioni con metodo volumetrico (pressa giratoria) o in alternativa, con il tradizionale metodo Marshall (B.U. del C.N.R. n°30).

Le caratteristiche richieste per gli splittmastix sono riportate nella tabella 12 e nella tabella 13.

TABELLA 12

METODO VOLUMETRICO		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Angolo di rotazione		1.25° ± 0.02
Velocità di rotazione	rotazioni/min	30
Pressione verticale	Kpa	600
Diametro del provino	mm	150
Risultati richiesti		
Vuoti a 10 rotazioni	%	8 – 12
Vuoti a 100 rotazioni	%	2 – 4
Vuoti a 180 rotazioni	%	≥ 2
Resistenza a trazione indiretta a 25°C (*)	N/mm ²	0,2 -0,5
Coefficiente di trazione indiretta ² a 25°C (*)	N/mm ²	> 35
Perdita di resistenza a trazione indiretta a 25°C dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 10
(*) Su provini confezionati con 100 rotazioni della pressa giratoria		

TABELLA 13

METODO MARSHALL		
Condizioni di prova	Unità di misura	Valori
Costipamento	75 colpi x faccia	
Risultati richiesti		
Stabilità Marshall	KN	> 9
Rigidezza Marshall	KN/mm	1,5 – 3,5
Vuoti residui	%	2 – 4
Perdita di Stabilità Marshall dopo 15 giorni di immersione in acqua	%	≤ 10
Resistenza a trazione indiretta a 25°C	N/mm ²	0,30 – 1,00
Coefficiente di trazione indiretta a 25°C	N/mm ²	> 45

5.3. Accettazione delle miscele

L'Impresa è tenuta a presentare alla Stazione Appaltante e, di conseguenza, alla Direzione Lavori, con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di produzione, la composizione delle miscele che intende adottare; ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati. Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente. Per la percentuale di bitume è tollerato uno scostamento di $\pm 0,3$.

Coefficiente di trazione indiretta

$CTI = \pi/2 DRt/Dc$ dove

D = dimensione in mm della sezione trasversale del provino

Dc = deformazione a rottura

Rt = resistenza a trazione indiretta

I controlli verranno effettuati 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. È facoltà della Direzione Lavori richiedere un campione di conglomerato bituminoso, quindici giorni prima dell'inizio dei lavori, in modo da affidare ad un laboratorio di suo gradimento il controllo delle miscele proposte e la conformità alle prescrizioni del capitolato.

5.4. Confezionamento delle miscele

Il conglomerato deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità, per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti la miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata. L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione. Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta ed a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione oltre al perfetto dosaggio sia del bitume che 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. L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,3% in peso. La temperatura degli aggregati all'atto della

miscelazione deve essere compresa tra 170°C e 200°C e quella del legante tra 160°C e 180°C, in rapporto al tipo di legante bituminoso impiegato. Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati, i cui certificati di taratura dovranno essere presentati su richiesta alla D.L.

5.5. Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione del tappeto **Drenante** a caldo è necessario preparare la superficie di stesa allo scopo di garantire il perfetto ancoraggio e l'impermeabilizzazione dello strato sottostante. La mano d'attacco può essere realizzata con emulsione di bitume modificato, spruzzata con apposita spanditrice automatica in modo che il bitume residuo risulti pari a 1,50 Kg/m² per i tappeti drenanti. Per i manti di usura di tipo **Grenu** e **Splittmastix** la mano d'attacco ha solo lo scopo di garantire il perfetto ancoraggio allo strato sottostante. Anche in questo caso può essere impiegata emulsione di bitume modificato, in modo che il bitume residuo risulti pari a 0,50 Kg/m². Sulla mano d'attacco impermeabilizzante per i manti drenanti, per consentire il transito dei mezzi di stesa, deve seguire immediatamente la granigliatura con aggregati di pezzatura 4/8 mm in ragione di 6/8 litri al metro quadrato.

L'emulsione per mano d'attacco deve rispondere ai requisiti riportati in tabella 14.

TABELLA 14

Requisiti di accettabilità	Normativa	Unità di misura	Modificata 70%
Contenuto di acqua	CNR 101/84	%	30±1
Contenuto di legante	CNR 100/84	%	70±1
Contenuto di bitume	CNR 100/84	%	> 69
Contenuto flussante	CNR 100/84	%	0
Demulsività	ASTM D244		50-100
Omogeneità	ASTM D244	%	< 0,2
Viscosità Engler a 20 °C	CNR 102/84	°E	> 20
Sedimentazione a 5 g	CNR 124/88	%	< 5
Residuo bituminoso			
Penetrazione a 25 °C	CNR 24/71	dmm	50-70
Punto di rammollimento	CNR 35/73	°C	> 65
Punto di rottura (Frass)	CNR43/74	°C	≤ -15

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

5.6. Posa in opera delle miscele

La posa in opera dei conglomerati bituminosi per tappeti di usura viene effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

5.6.1. La velocità di avanzamento delle vibrofinitrici non deve essere superiore ai 5–10 m/min con alimentazione continua del conglomerato.

Le vibrofinitrici devono comunque lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi. Nella stesa si deve porre la massima cura alla formazione dei giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente. Qualora ciò non sia possibile il bordo della striscia già realizzata deve essere spalmato con emulsione bituminosa cationica per assicurare la saldatura della striscia successiva. Se il bordo risulterà danneggiato o arrotondato si deve procedere al taglio verticale con idonea attrezzatura. I giunti trasversali derivanti

dalle interruzioni giornaliere devono essere realizzati sempre previo taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento. La sovrapposizione dei giunti longitudinali 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. Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione 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 la formazione di crostoni.

5.6.2. Temperatura

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 150°C con conglomerati impastati con bitumi tradizionali e modificati tipo soft, e 180°C impastati con bitumi modificati hard. 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 tandem a ruote metalliche del peso massimo di 10 t quando necessario affiancato da un rullo gommato di peso massimo di 16 t. Si deve avere 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.

5.7. Qualificazione degli impasti e campo prove

È facoltà della Direzione Lavori richiedere all'Impresa la consegna di campioni di inerte, legante e di impasti di conglomerati bituminosi rimaneggiati per le diverse tipologie di componenti strutturali della pavimentazione flessibile ad un Laboratorio autorizzato dal Ministero LL. PP in modo da verificare l'idoneità e la conformità alle prestazioni riportate nelle presenti Specifiche Tecniche almeno quindici giorni prima dell'inizio dei lavori. E' altresì facoltà della Direzione Lavori richiedere, prima dell'inizio dei lavori, la predisposizione di un campo prove affinché le parti possano verificare la qualità dei materiali prodotti e della loro posa e resa in opera. Il campo prove o le prove di caratterizzazione preliminari deve essere ultimato almeno 15 giorni prima dell'effettivo inizio di ogni lavorazione, in modo da consentire ai tecnici dell'Impresa, alla Direzione Lavori ed ai Laboratori di cantiere e a quello di riferimento della Stazione Appaltante, i controlli di idoneità rispetto alle prescrizioni del Capitolato. L'Impresa deve eseguire il campo prove in un'area esterna all'area di progetto che deve essere accuratamente predisposta in modo da consentire la più completa attinenza alle reali condizioni operative. Al termine dei controlli, se positivi, l'Impresa può procedere con i lavori nell'area di progetto ed i dati raccolti e opportunamente sintetizzati in una relazione tecnica rilasciata dai laboratori, saranno utilizzati come riferimento per i controlli qualità in corso d'opera.

5.8. Controlli

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi per manti di usura speciali 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. L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella 14. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio autorizzato dal Ministero LL.PP., l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

5.9. Controlli su campioni rimaneggiati

Sul conglomerato bituminoso prelevato dalla vibrofinitrice (campione rimaneggiato) si valutano le caratteristiche meccaniche definite mediante opportuni parametri. I valori di tali grandezze sono determinati su provini confezionati in laboratorio e dovranno soddisfare i requisiti riportati nelle tabelle di riferimento riportate in precedenza.

5.10. Controlli in sito

I controlli in sito devono essere attuati mediante l'esecuzione di carotaggi continui con carotieri $D = 150$ mm, effettuati prelevando due campioni per ogni postazione; una carota destinata alla determinazione in laboratorio del contenuto di bitume (B.U. CNR 38/73) e della massa volumica degli inerti (B.U. CNR 63/78) dello strato, ed una carota destinata alla determinazione della massa volumica apparente dello strato (B.U. CNR 40/73), per poter misurare in laboratorio la porosità o percentuale dei vuoti dei conglomerati bituminosi in opera (B.U. CNR 39/73), nel caso delle tipologie Grenu e Splittmastix.

5.10.1. Porosità: i valori delle masse volumiche delle carote non devono essere inferiori al **98%** dei valori delle masse volumiche determinate con metodo Marshall, nelle formulazioni prescelte dalla D.L. per manti d'usura drenanti e splittmastix mentre i tappeti grenu la percentuale dei vuoti residui dovrà essere inferiore al **7%** (CNR BU 39-CNR BU 40)

5.10.2. Il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT) misurato con l'apparecchiatura SCRIM (CNR 147/92) deve risultare $\geq 0,55$ per il tappeto di usura Drenante, $\geq 0,60$ per il Grenu, $\geq 0,65$ per lo Splittmastix. In alternativa si può determinare la resistenza di attrito radente con lo Skid Tester (CNR 105/85) che deve fornire valori di BPN (British Portable Number) ≥ 55 per il tappeto di usura Drenante, ≥ 60 per il Grenu, ≥ 65 per lo Splittmastix.

5.10.3. L'altezza di sabbia (HS), determinata secondo la metodologia CNR 94/83, o mediante apparecchiature a rilievo continuo, deve essere $\geq 0,8$ per il tappeto di usura drenante, $\geq 0,6$ per il grenu semiaperto, $\geq 0,5$ per lo splittmastix. Le misure di CAT e HS devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia, con un "passo di misura" di 10 m. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 50 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate. Per quanto riguarda le misure di HS eseguite con il "mini texture meter" 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. Qualora il valore medio di CAT o HS, per ciascuna tratta omogenea (tratti di pavimentazione nei quali ricadono almeno 4 valori dell'indicatore distribuiti statisticamente secondo una distribuzione "normale") o per ciascuna tratta da 50 m (misure di HS con "mini texture meter"), sia inferiore ai valori prescritti, il manto di usura speciale (di qualsiasi tipo) viene penalizzato del 15% del suo costo.

5.10.4. La verifica della regolarità del profilo longitudinale della superficie (International Roughness Index -IRI) misurata con apparecchiatura ad alto rendimento ARAN o APL dovrà risultare

inferiore a 1,3 mm/m, calcolata per tutta la lunghezza della tratta pavimentata. Le misure di CAT (o BPN), HS e IRI devono essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 90° giorno dall'apertura al traffico, per ogni corsia. I valori misurati possono, eventualmente, essere mediati ogni 250 m per tenere conto di disomogeneità occasionali e localizzate.

5.10.5. Permeabilità La capacità drenante media, per il tappeto di usura **drenante**, eseguita in sito ogni 250 m sfalsando di volta in volta la corsia e misurata con permeabilmetro a colonna d'acqua di mm 250 su un'area di 154 cm^2 , deve essere: $\geq 12 \text{ dm}^3/\text{min}$ per il fuso A, $\geq 8 \text{ dm}^3/\text{min}$ per il fuso B

³
 $e \geq 5 \text{ dm}^3/\text{min}$ per il fuso. C Le misure possono essere fatta anche con apparecchi ad alto rendimento; in tal caso i valori devono essere riportati a quelli rilevati con il permeabilmetro. Se non si raggiunge il valore di capacità drenante previsto viene applicata una riduzione del 10% del prezzo, comprensivo della mano d'attacco come penalità funzionale.

5.10.6. Fono - assorbenza

Per il tappeto di usura drenante viene inoltre determinata la fono-assorbenza applicando il metodo ad onde stazionarie con l'attrezzatura standard definita "tubo di Kundt" su carote prelevate dopo il quindicesimo giorno e non oltre il sessantesimo giorno dalla stesa del conglomerato. Il coefficiente di fono-assorbenza (α) in condizioni di incidenza normale deve risultare:

TABELLA 15

Frequenza (Hz)	Coefficiente di fonoassorbenza (α)
630	$\alpha \geq 0,03$
800	$\alpha \geq 0,20$
1000	$\alpha \geq 0,35$
1600	$\alpha \geq 0,20$
2000	$\alpha \geq 0,20$

Il controllo può essere fatto anche mediante rilievi effettuati in sito con il metodo dell'impulso riflesso³, eseguiti sempre dopo il 15 giorno dalla stesa del conglomerato. Per ogni valore di α non raggiunto viene applicata una penale del 2%.

³
 veicolo RIMA o equivalenti

TABELLA 16

Controllo dei materiali e verifica prestazionale				
STRATO	TIPO DI CAMPIONE	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA PROVE	REQUISITI RICHIESTI
<i>Drenante Grenu Splittmastix</i>	<i>Bitume</i>	<i>Cisterna</i>	<i>Inizio lavori e ogni 2500 m3 di stesa</i>	<i>Riferimento Tabella 1</i>
<i>Drenante Micro-tappeto Splittmastix</i>	<i>Aggregato grosso</i>	<i>Impianto</i>	<i>Inizio lavori e ogni 2500 m3 di stesa</i>	<i>Riferimento Tabella 2</i>
<i>Drenante Grenu Splittmastix</i>	<i>Aggregato fino</i>	<i>Impianto</i>	<i>Inizio lavori e ogni 2500 m3 di stesa</i>	<i>Riferimento Tabella 3</i>
<i>Drenante Grenu Splittmastix</i>	<i>Filler</i>	<i>Impianto</i>	<i>Inizio lavori e ogni 2500 m3 di stesa</i>	<i>Riferimento Tabella 4</i>
<i>Drenante Grenu Splittmastix</i>	<i>Conglomerato sfuso</i>	<i>Vibrofinitrice</i>	<i>Inizio lavori e ogni 5.000 m2 di stesa</i>	<i>Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela</i>
<i>Drenante Grenu Splittmastix</i>	<i>Carote per misurazione spessori</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 500 m di fascia di stesa</i>	<i>Spessore previsto in progetto</i>
<i>Grenu Splittmastix</i>	<i>Carote per densità in sito</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 500 m di fascia di stesa</i>	<i>98% del valore risultante dallo studio della miscela</i>
<i>Drenante</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 10 m di fascia stesa</i>	<i>CAT $\geq 0,50$(media su 50 m) BPN ≥ 50 (ogni 50 m)</i>
<i>Grenu</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 10 m di fascia stesa</i>	<i>CAT $\geq 0,55$ (media su 50 m) BPN ≥ 55 (ogni 50 m)</i>
<i>Splittmastix</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 100 m di fascia stesa</i>	<i>CAT $\geq 0,60$(media su 50m) BPN ≥ 60 (ogni 100 m)</i>
<i>Drenante</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 100 m di fascia stesa</i>	<i>HS ≥ 8 mm (media su 50 m)</i>
<i>Grenu</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 100 m di fascia stesa</i>	<i>HS ≥ 6 mm (media su 50 m)</i>
<i>Splittmastix</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 100 m di fascia di stesa</i>	<i>HS ≥ 5 mm (media su 50 m)</i>
<i>Drenante</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 250 m di fascia di stesa</i>	<i>Capacità drenante ≥ 12 dm3/min (A) e ≥ 8 dm3/min. (B)</i>
<i>Drenante</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 250 m di fascia di stesa</i>	<i>Capacità drenante ≥ 5 dm3/min. (C)</i>
<i>Drenante</i>	<i>Carote per fonosorbimento</i>	<i>Pavimentazione</i>	<i>Ogni 300 m di fascia di stesa</i>	<i>Riferimento Tabella 36.2.9</i>

5.11 Penalità

Nel caso in cui i lavori previsti dal presente Capitolato, allegato ai singoli progetti esecutivi e contratti d'Appalto non vengano eseguiti in ottemperanza ai requisiti di accettabilità richiesti, la Direzione Lavori effettuerà **detrazioni** sull'importo relativo alle quantità contestate in funzione della minore quantità o peggiore qualità relative ai materiali impiegati ed alla posa in opera. Nei casi più gravi imporrà all'Impresa la **rimozione ed il rifacimento integrale** del componente strutturale della pavimentazione contestata senza oneri aggiuntivi per la Stazione Appaltante. Le penalità inerenti le deficienze riscontrate nell'esecuzione lavori e le relative sanzioni pecuniarie sono state, per eventuali valori eccedenti il campo di accettabilità dei materiali e dei conglomerati bituminosi per ogni strato, così articolate:

- **Lo spessore** dello strato viene determinato, per ogni tratto omogeneo di stesa, 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%. Le stesse misure possono essere precedute da un rilevamento in continuo con apparecchiature georadar. Per spessori medi inferiori a quelli di progetto viene applicata, per tutto il tratto omogeneo, una detrazione del 2,0% del prezzo di elenco per ogni mm di materiale mancante. Per carenze superiori al 25% dello spessore di progetto si impone la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.
- **Percentuale di bitume:** per ogni 0,1% in massa, riferito alla massa dell'impasto bituminoso, in meno o in più rispetto ai valori prescritti, verrà applicata una detrazione pari all'1% del prezzo di Elenco Prezzi.
- **Percentuale dei vuoti:** il rispetto dei requisiti di accettabilità previsti per le percentuali dei vuoti residui degli strati di usura a granulometria aperta (Drenante), di usura a tessitura superficiale semiaperta (Grenu) e di usura a granulometria discontinua (Splittmastix) saranno particolarmente controllati dalla Direzione Lavori per le conseguenze negative sulla durevolezza della pavimentazione dovute a deficienze composizionali e di posa in opera:
 - per i valori dei vuoti residui in opera, misurati mediante carotaggio e determinazione in laboratorio (B.U. del C.N.R. n°39) negli **strati di usura drenante** saranno applicate le seguenti detrazioni sul prezzo di Elenco Prezzi:
 - 1% per percentuali comprese tra 17,9 e 17,0 %
 - 5% per percentuali comprese tra 16,9 e 16,0 %
 - 10% per percentuali comprese tra 15,9 e 15,0 %
 - 15% per percentuali comprese tra 14,9 e 14,0 %
 - 25% per percentuali comprese tra 13,9 e 12,0 %
 Rimozione gratuita e nuova posa in opera dello strato di pavimentazione con vuoti residui inferiori al 12% .
 - Per gli **strati di usura grenu** saranno applicate le seguenti detrazioni sul prezzo di Listino:
 - 1% per percentuali comprese tra 7,1 e 9,0 %
 - 5% per percentuali comprese tra 9,1 e 11,0 %
 - 10% per percentuali comprese tra 11,1 e 12,0 %
 - 15% per percentuali comprese tra 11,1 e 13,0 %
 - 25% per percentuali comprese tra 13,1 e 14,0 %
 Rimozione gratuita e nuova posa in opera dello strato di pavimentazione con vuoti residui superiori al 14% e con meno del 3% di vuoti residui per evitare essudazioni (bleeding).
 - Per gli **strati di usura splittmastix** saranno applicate le seguenti detrazioni sul prezzo di Listino:
 - 1% per percentuali comprese tra 5,1 e 7,0 %
 - 5% per percentuali comprese tra 7,1 e 8,0 %
 - 10% per percentuali comprese tra 8,1 e 9,0 %
 - 15% per percentuali comprese tra 9,1 e 11,0 %
 - 30 % per percentuali comprese tra 11,1 e 12,0 %
 Rimozione gratuita e nuova posa in opera dello strato di pavimentazione con oltre il 12% di vuoti residui.

Aderenza e sicurezza

L'Impresa ha l'obbligo di garantire la sicurezza agli utenti del nuovo piano viabile e dovrà pertanto assicurare il raggiungimento dei valori di soglia per la rugosità (CAT, BPN e HS) e per la regolarità (IRI) della superficie delle pavimentazione. **Entro tre mesi** dall'apertura al traffico del nuovo manto di usura

D.L e Stazione Appaltante dovranno controllare i sopra riportati valori prestazionali in sito ed applicare per non conformità conclamate le seguenti detrazioni:

Pertanto:

- se il valore del CAT (o BPN) risulta inferiore a:
Drenante: 0,50 (50) ma superiore a 0,45 (45)
Grenu: 0,55(55) ma superiore a 0,50 (50)
Splittmastix: 0,60 (60) ma superiore a 0,55 (55)
verrà applicata una **detrazione** pari al 5% del prezzo dell'Elenco Prezzi;

- se il valore del CAT (o BPN) risulta inferiore a:
Drenante: 0,45 (45) ma superiore a 0,40 (40)
Grenu: 0,50(50) ma superiore a 0,45 (45)
Splittmastix: 0,55 (55) ma superiore a 0,50 (50)
verrà applicata una **detrazione** pari al 10% del prezzo dell'Elenco Prezzi;

- se il valore risulta inferiore a:
Drenante: 0,40 (40) ma superiore a 0,38 (38)
Grenu: 0,45(45) ma superiore a 0,38 (35)
Splittmastix: 0,50 (50) ma superiore a 0,38 (38)
verrà applicata una **detrazione** pari al 20% del prezzo dell'Elenco Prezzi;

- se il valore risulta inferiore a:
Drenante: 0,38 (38)
Grenu: 0,38(38)
Splittmastix: 0,38 (38)
l'Impresa procederà gratuitamente all'asportazione completa, mediante fresatura, dello strato di usura, ed alla formazione di un nuovo strato che ottemperi alle prescrizioni riportate nel presente Capitolato.

5.a Strato di usura per pavimentazioni ad elevato coefficiente di attrito con aggiunta di argilla espansa.

Il conglomerato è costituito da una miscela di inerti naturali freschi ed argilla espansa combinati percentualmente a caldo con bitume in impianti automatizzati, a volte dotati di sistemi di riscaldamento indiretto degli inerti provenienti da fresature, potranno essere di tipo continuo (DRUM MIXER) o discontinuo (SISTEMA A VAGLIATURA), doppio tamburo ecc....

La quantità assoluta di bitume, per metro cubo di conglomerato, resta invariata rispetto ad un conglomerato bituminoso tradizionale, così come il processo di lavorazione.

I cunuli delle diverse classi di inerti devono essere nettamente separati tra di loro, in zone prive di ristagni d' acqua e di sostanze argillose.

C.1 – Materiali

a) - Gli aggregati da impiegarsi per il confezionamento del conglomerato bituminoso devono corrispondere ai requisiti generici già citati nel paragrafo della presente specifica relativo agli aggregati per lo strato di collegamento.

A completamento dettagliamo le seguenti caratteristiche:

- b) - il valore della perdita per decantazione sull'aggregato grosso dovrà essere inferiore all'1%;
- c) - il valore della perdita per decantazione sulle sabbie naturali deve essere inferiore a 2%; su aggregati fini provenienti da macinazione di roccia o ciottolame inferiore a 10%;
- d) - il valore del coefficiente di frantumazione deve essere inferiore a 140 su pietrischetti e graniglie;
- e) - il valore del coefficiente di imbibizione deve essere inferiore a 0,015;
- f) - il materiale deve risultare non idrofilo;
- g) - l'equivalente in sabbia (CNR-BU n° 27) della miscela deve risultare non inferiore a 55;
- h) - la granulometria dell'aggregato deve presentare una curva a decorso continuo, a titolo orientativo compresa nei limiti del seguente fuso:

SERIE SETACCI E CRIVELLI	PERCENTUALE DI PASSANTE (IN MASSA)
Crivello 15	100
" " 10	70 - 90
" " 5	40 - 60
Setaccio 2	25 - 38
" " 0,4	11 - 20
" " 0,18	8 - 15
" " 0,075	6 - 10

- i) – Le caratteristiche dell'inerte di Argilla espansa di tipo " resistente " della pezzatura 3/11 sono le seguenti:

Resistenza del granulo allo schiacciamento > 27 N/cm² (UNI 7549 parte 7);

Coefficiente di levigatezza accelerata C. L. A. (CNR B. U. n° 140 del 15 10.1992) > 0,65;

Dall'analisi granulometrica eseguita sulla citata pezzatura la percentuale di trattenuto al crivello UNI 10 mm.

deve essere inferiore o uguale al 10% in peso; e la percentuale di passante al crivello UNI 3 mm.

deve essere

inferiore o uguale al 10 % di peso.

l) - Il legante deve essere costituito da bitume (modificato e non) solido avente i requisiti prescritti da "Norme per l'accettazione dei bitumi" CNR –(G.U. n° 68 del 23 maggio 1978 fasc. 2/1951). Salvo diversa prescrizione della Direzione lavori, in relazione alle condizioni climatiche locali, sarà adottato bitume di penetrazione idonea.

j) - Il tenore in bitume, riferito alla massa degli inerti, deve essere compreso tra 5,0% e 6,5% e deve essere il minimo che consenta di raggiungere, unitamente ad un assortimento ottimale degli aggregati, i valori di stabilità Marshall sottoelencati:

- | | |
|---|-------------------------|
| - stabilità in kN: | maggiore di 10,0; |
| - scorrimento in mm: | compreso tra 2,0 e 3,5; |
| - modulo di rigidità Marshall in kN/mm: | compreso tra 3,5 e 5,5; |
| - vuoti residui su provini Marshali: | compresi tra 4% e 6%. |

La prova Marshall deve essere eseguita in conformità con le Norme del CNR - BU n° 30 su provini costipati con 75 colpi per faccia alla temperatura prescritta dal metodo di prova.

Gli additivi minerali saranno costituiti da polveri di rocce preferibilmente calcaree o da cemento o da calce idrata e dovranno risultare, alla vagliatura per via secca interamente passanti al setaccio UNI da 0,18 mm. e per almeno il 70 % al setaccio UNI 0,075 mm.

Per fillers diversi da quelli sopra indicati, dovrà essere richiesta la preventiva approvazione della Direzione Lavori la quale, per l'accettazione, potrà richiedere apposite prove ed analisi di laboratorio. I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della D. L.

5.b RETE IN FIBRA DI VETRO.

La rete in fibra di vetro si può considerare amica per l'ambiente in quanto è basata su un prodotto naturale, silice, facilmente riciclabile è un tipo di tecnologia consolidata che assicura uniformità e durata. Ha eccellenti caratteristiche di fresatura che gli consentono di essere rimossa con le varie tecniche di fresatura disponibili oggi. Gli alti moduli di elasticità permettono una buona resistenza alle tensioni lente apportando una riduzione del movimento della pavimentazione stradale.

A.1 – Materiale

La rete dovrà avere una struttura a maglia quadrata di lato a misura variabile a seconda del tipo di resistenza a trazione che si voglia ottenere, essere costituita da filamenti in fibra di vetro resistente a temperature minime di 700° C. (punto di fusione non inferiore a 1000° C. Ritiro massimo dell'1% dopo 15 minuti, alla temperatura di 190° C. Allungamento massimo a rottura in direzione longitudinale e trasversale del 4 %. La rete dovrà inoltre essere ricoperta con uno strato di polimeri elastometrici che permettono a lieve pressione la auto adesività. Dovrà avere un modulo di elasticità pari a 69.000.000 kPa.

A.2 – Metodo di posa

La temperatura del piano viabile prima dell'applicazione della rete deve essere compresa tra 5° C e 60° C, e il piano di posa deve essere asciutto e pulito. Non deve essere spruzzata nessuna mano d'attacco per l'adesione. La rete può essere applicata a mano o con mezzi meccanici con una sufficiente tensione al fine di eliminare eventuali pieghe. La superficie della rete dovrà essere schiacciata mediante il passaggio, di almeno due volte, di rullo gommato senza acqua, che servirà per attirare l'adesione. Il traffico può passare subito dopo la posa ed adesione della rete sarà comunque necessario assicurarsi che non vi sia recato alcun danno da veicoli in manovra e che venga mantenuta pulita. La rete posata in un giorno dovrà essere ricoperta, lo stesso giorno, con uno strato di conglomerato bituminoso di spessore almeno 40,00 mm. compattato secondo le specifiche del presente capitolato. La D.L. potrà, a seconda delle problematiche verificatesi in loco, modificare il metodo di posa.

5.c CONGLOMERATO BITUMINOSO A FREDDO TIPO ECOLOGICO

Conglomerato bituminoso stoccabile o in sacchi del tipo ecologico per manutenzioni stradali e rappezzi.

La miscela prevede una percentuale di sabbia del 20 % e graniglia del 80 % con un tenore di bitume, di opportuna penetrazione, pari al 4 a 4,2 % sul peso degli aggregati.

Il bitume dovrà essere additivato con olii lussanti tassativamente di pura origine vegetale non rientranti nella classe COV (composti organici volatili), in percentuale del 20/25 % sul peso del bitume. Il conglomerato dovrà garantire, al momento dell'utilizzo, una perfetta plasticità lavorabilità a seconda delle richieste della D.L.

6 RICICLAGGIO A FREDDO CON L'UTILIZZO DI EMULSIONE BITUMINOSA CON ELASTOMERI OPPURE CON BITUME SCHIUMATO

Questa rigenerazione in sito a freddo dovrà essere realizzata con idonee attrezzature mobili (treno di riciclaggio) in grado di miscelare l'intero pacchetto bituminoso esistente e parte della fondazione sottostante non legata con l'aggiunta di emulsione bituminosa preferibilmente modificata con elastomeri oppure con bitume schiumato, cemento e acqua. Le macchine del treno frammentano e polverizzano la pavimentazione esistente, omogeneizzano e stabilizzano con cemento e legante bituminoso il materiale da trattare ed infine sagomano ed addensano lo strato composito riabilitandolo all'esercizio.

6.1. MATERIALI COSTITUENTI PER TRATTAMENTO CON EMULSIONE BITUMINOSA

6.1.1. Inerti per eventuale correzione

Normalmente pietrischetto di pezzatura 15/25 mm, Los Angeles ≤ 35 .

6.1.2. Emulsione

L'emulsione dovrà essere al 60% di bitume preferibilmente con aggiunta di elastomeri, a rottura controllata e rispettare le seguenti caratteristiche.

TABELLA 1

Proprietà	Specifiche	Metodi di prova
Trattenuto al setaccio 0,085 mm, % in peso	< 0,1	CNR B.U. n°103/84
Sedimentazione a 5 gg, % in peso	< 5	ASTM D244
Viscosità Engler a 20°C, °E	> 3	CNR B.U. n°103/84
Grado di acidità, pH	> 2	ASTM E70
Carica delle particelle	positiva	CNR B.U. n°99/84
Caratteristiche del bitume estratto (residuo della distillazione)		
Penetrazione a 25°C PEN, dmm	50-70	EN 1426
Punto di rammollimento PA, °C	> 60	EN 1427
Punto di rottura Frass PRF, °C	<-13	EN 12593

6.1.3. Cemento

Dovrà essere impiegato cemento Portland, oppure d'Alto forno o pozzolanico di classe 32,5 R. L'impresa dovrà certificare provenienza e qualità prestazionali del cemento.

6.1.4. Acqua

Dovrà essere utilizzata acqua pura ed esente da sostanze organiche.

6.1.5 STUDIO PRELIMINARE DI OTTIMIZZAZIONE DI STABILIZZAZIONE CON EMULSIONE BITUMINOSA

Per quanto riguarda la determinazione delle percentuali ottime di emulsione e cemento da effettuare con analisi preliminari per lo studio di ottimizzazione della miscela con il metodo della pressa giratoria, si dovranno eseguire assaggi a carotaggio in sito e pozzetti di ispezione profondi 20÷35cm in più punti, con la collaborazione di Tecnici di un Laboratorio Autorizzato dal Ministero dei Lavori Pubblici o meglio su incarico della Stazione Appaltante, in modo da definire lo spessore medio del pacchetto da trattare e le caratteristiche composizionali della pavimentazione flessibile da riciclare. Si dovranno poi prelevare campioni di fresato (tratti di 2mq circa di fresatura campione) per preparare i provini con la pressa giratoria. Dallo studio ottimizzazione con pressa giratoria si desumono

le percentuali ottime di emulsione, cemento e acqua, e le granulometrie della pavimentazione bituminosa nel tratto di strada da riabilitare considerando altresì l'impiego di inerti di nuovo apporto per eventuale correzione. Il laboratorio varierà i diversi componenti cemento, acqua, emulsione ed eventuali inerti di correzione per definire una o più formulazioni da adottare.

6.1.6. POSA IN OPERA

Le fasi di posa in opera dovranno essere le seguenti:

- 1 eventuale prima fresatura e trasporto in discarica degli strati di usura o usura + binder esistenti per motivi topografici o granulometrici;
- 2 prima o seconda fresatura della pavimentazione flessibile e della sottostante base d'appoggio alla profondità prevista dall'intervento riabilitativo;
- 3 stesa del cemento nelle percentuali ottime;
- 4 intervento di riciclaggio con aggiunta di emulsione bituminosa preferibilmente elastomerizzata e acqua nelle percentuali ottime. La miscelazione dovrà essere effettuata con una passata con macchina a tutta larghezza mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti alla segregazione degli elementi litoidi più grossi + eventuale nuovo inerte di apporto;
- 5 rullatura immediata con un rullo gommato (20t) insieme ad un rullo metallico (16t) o combinato gomma-ferro di 20t;
- 6 compattazione finale con un rullo gommato (20t) insieme ad un rullo metallico (16t) o combinato; in alternativa potranno essere utilizzati rulli vibranti, comunque tutti approvati dalla D.L. Durante la compattazione, nel caso di temperature elevate, sarà necessario umidificare il piano per migliorare l'addensamento.

6.1.7. CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

Sulla miscela al termine delle lavorazioni di distribuzione dei leganti e della omogeneizzazione con la macchina stabilizzatrice verranno eseguiti, prima della rullatura, prelievi dai quali dovranno essere confezionati provini tramite pressa giratoria con le condizioni di prova riportate nella tabella 2.

Tabella 2.

Angolo di rotazione	1,25° ± 0,02°
Velocità di rotazione	30 rotazioni al minuto
Pressione verticale, Kpa	600
Diametro provino, mm	150
N° giri	180
Peso campione	4500/6000 g comprensivo di bitume, cemento e acqua

I campioni rimaneggiati dovranno rispondere ai seguenti requisiti:

-Resistenza a trazione diametrale R_t a 3 giorni di maturazione a 40°C ≥ 0,35 N/mmq;

-Coefficiente di trazione indiretta CTI a 3 giorni di maturazione a 40°C ≥ 40 N/mmq;

Per quanto riguarda i controlli sull'effettiva risagomatura delle livellette, dopo la compattazione, prima di qualunque intervento di bitumatura, l'Impresa dovrà mettere a disposizione della Direzione Lavori opportuni strumenti topografici per il controllo delle quote; qualora si riscontrasse un andamento longitudinale del piano superficiale comprendente dossi o cunette di dislivello superiore a 4 cm non giustificabile con l'andamento plano-altimetrico del piano di campagna, l'Impresa a proprie cura e spese dovrà eseguire adeguati interventi di risagomatura con mista bitumata. Durante la fase di collaudo verrà eseguito un sopralluogo da parte della Direzione Lavori per verificare l'eventuale presenza di rifluimenti superficiali di bitume. Tali eventuali rifluimenti dovranno essere asportati a mezzo di adeguata fresatura e nuova posa degli strati bituminosi a cura e spese dell'Impresa. Solo dopo si porranno in opera lo strato o gli strati bituminosi sovrastanti secondo progetto.

6.2. MATERIALI COSTITUENTI PER TRATTAMENTO CON BITUME SCHIUMATO

6.2.1 inerti per eventuale correzione

Normalmente pietrischetto di pezzatura 15/25 mm, Los Angeles ≤ 35 .

6.2.2. "BITUME SCHIUMATO"

Bitume schiumato, ottenuto in Laboratorio ed in sito con macchine per schiumatura (tipo Wirtgen) riscaldando il bitume con grado di penetrazione compresa tra 80dmm e 150 dmm che verrà utilizzato dall'Impresa in opera a temperature superiori a 160°C. Con questo procedimento si valuteranno le proprietà schiumogene del bitume e si prepareranno degli impasti da sottoporre a collaudo con pressa giratoria del materiale bituminoso fresato più inerte sottostante proveniente dalla pavimentazione da riabilitare. Si consiglia una verifica della compatibilità del prodotto bitume proveniente dalla Raffineria dove si rifornirà L'Impresa e delle sue proprietà schiumogene in Laboratorio. Si prescrivono i seguenti requisiti di accettabilità per valutare se il bitume proposto produce una schiuma "adeguata":

-rapporto di espansione ≥ 8 volte

-tempo di dimezzamento delle bolle ≥ 8 secondi

6.2.3. FILLER ATTIVO (CEMENTO)

Dovrà essere impiegato cemento Portland, oppure d'Alto forno o pozzolanico di classe 32,5 R. L'Impresa dovrà certificare provenienza e qualità prestazionali del cemento.

6.2.4. STUDIO PRELEIMINARE DI OTTIMIZZAZIONE DI STABILIZZAZIONE CON BITUME SCHIUMATO

Si preparano in Laboratorio impasti con quantità di bitume schiumato compreso tra 2 e 4,5%, fresato, cemento e inerti per la preparazione di provini in pressa giratoria. Il cemento viene considerato come "filler attivo" da utilizzare in quantità $\geq 1\%$ e $\leq 3\%$ e viene variato in quantità per ottimizzare la formulazione o le formulazioni da adottare in Cantiere.

6.2.5. POSA IN OPERA

Le fasi di posa in opera dovranno essere le seguenti:

- 1 eventuale prima fresatura e trasporto in discarica degli strati di usura o usura + binder esistenti per motivi topografici o granulometrici;
- 2 prima o seconda fresatura della pavimentazione flessibile e della sottostante base d'appoggio alla profondità prevista dall'intervento riabilitativo;
- 3 intervento di riciclaggio con aggiunta di bitume schiumato e cemento nelle percentuali ottime. La miscelazione dovrà essere effettuata con una passata con macchina a tutta larghezza mediante sistemi che consentano di ottenere uno strato perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti alla segregazione degli elementi litoidi più grossi + eventuale nuovo inerte di apporto;
- 4 rullatura immediata con un rullo gommato (20t) insieme ad un rullo metallico (16t) o combinato gomma-ferro di 20t;
- 5 compattazione finale con un rullo gommato (20t) insieme ad un rullo metallico (16t) o combinato; in alternativa potranno essere utilizzati rulli vibranti, comunque tutti approvati dalla D.L. Durante la compattazione, nel caso di temperature elevate, sarà necessario umidificare il piano per migliorare l'addensamento.

6.2.6. CONTROLLO VOLUMETRICO E RESISTENZA A TRAZIONE INDIRECTA

Sulle miscele studiate in Laboratorio ed il materiale prelevato in corso d'opera addensati a tempe-

ratura ambiente e conservati per tre giorni in ambiente termostato a 40°C (confezionati con le condizioni di prova riportate nella tabella 2) dovranno rispondere ai seguenti requisiti prestazionali:

-Resistenza a trazione diametrale $R_t \geq 0,50 \text{ N/m mq}$;

-Coefficiente di trazione indiretta $CTI \geq 60 \text{ N/mm}^2$;

6.2.7. CONTROLLI SULLA RISAGOMATURA

Per quanto riguarda i controlli sull'effettiva risagomatura delle livellette, dopo la compattazione, prima di qualunque intervento di bitumatura, l'Impresa dovrà mettere a disposizione della Direzione Lavori opportuni strumenti topografici per il controllo delle quote; qualora si riscontrasse un andamento longitudinale del piano superficiale comprendente dossi o cunette di dislivello superiore a 4 cm non giustificabile con l'andamento plano-altimetrico del piano di campagna, l'Impresa a proprie cura e spese dovrà eseguire adeguati interventi di risagomatura con mista bitumata. Durante la fase di collaudo verrà eseguito un sopralluogo da parte della Direzione Lavori per verificare l'eventuale presenza di rifluimenti superficiali di bitume. Tali eventuali rifluimenti dovranno essere asportati a mezzo di adeguata fresatura e nuova posa degli strati bituminosi a cura e spese dell'Impresa. Solo dopo si porranno in opera lo strato o gli strati bituminosi sovrastanti secondo progetto.

7 - Opere d'arte e di presidio idraulico in calcestruzzo cementizio

Il calcestruzzo è un materiale composito che si ottiene per miscelazione di cemento, aggregati ed acqua e per successivo indurimento della pasta cementizia. Oltre a questi componenti il calcestruzzo può contenere additivi ed aggiunte.

Le seguenti norme tecniche riguardano esclusivamente il calcestruzzo normale così come definito al punto 3.6 della norma UNI 9858.

7.1 MATERIALI COSTITUENTI E LORO QUALIFICAZIONE

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.

I cementi utilizzati dovranno soddisfare ai requisiti previsti dalla L. 595/65 ed elencati nella Norma UNI ENV 197-1:

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

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. 314. 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 dello stesso D.M. 12/07/93.

Aggregati Gli aggregati sono componenti del calcestruzzo costituiti da elementi lapidei integri o frantumati, naturali o artificiali, aventi forma e dimensioni consone alla confezione del calcestruzzo.

Gli aggregati, in relazione alla categoria di impiego prevista devono possedere le caratteristiche fondamentali indicate nel prospetto 1 della norma UNI 8520-97 parte 2^a.

La scelta della categoria (**Tabella 7.1**) è legata alla classe di resistenza (**Tabella 7.2**) ed alla classe di esposizione della struttura (**Tabella 7.3**) cui è destinato il calcestruzzo.

Tabella 7.1

Categoria	Classi di resistenza	Classi di esposizione
A	tutte	XC3, XD, XS, XF, XA
B	tutte	X0, XC1, XC2
C	C8/10, C12/15	

Inoltre, se indicato negli elaborati di progetto, potrà essere richiesto il soddisfacimento di più caratteristiche aggiuntive elencate nel prospetto 2 della Norma UNI 8520-97 parte 2^a.

Particolare attenzione dovrà essere rivolta alla valutazione del rischio da "vizio occulto" di **reazione alcali-aggregato** a fronte del quale, fatto salvo l'esito positivo delle prove previste dalla norma UNI 8520 (parti 4 e 22), si potranno adottare ulteriori misure preventive quali ad esempio:

- la scelta di cementi a basso contenuto di alcali (UNI EN 196/21);
- impermeabilizzazione della struttura;
- utilizzo di idonei quantitativi di aggiunte.

Durante la lavorazione la Direzione Lavori verificherà la continuità della corrispondenza delle caratteristiche del materiale ai valori ottenuti nella fase di qualifica. Qualora si verificano discrepanze significative, la Direzione Lavori potrà rifiutare il materiale lapideo.

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 riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

- Acqua** L'acqua d'impasto deve rispettare le prescrizioni della norma UNI-EN 1008.
- Additivi** Gli additivi sono prodotti che, aggiunti al calcestruzzo in piccole quantità in massa rispetto al cemento, inducono le richieste modifiche delle proprietà del calcestruzzo. Gli additivi devono rispettare le prescrizioni delle Norme UNI 7101÷7120 ed UNI EN 934/2, non devono contenere sostanze dannose in quantità tali da pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione delle armature. L'impiego di additivi è consentito previa la verifica del loro dosaggio e delle prestazioni delle miscele, allo stato fresco e allo stato indurito.
- Aggiunte** Le aggiunte sono materiali inorganici finemente macinati che possono essere aggiunti al calcestruzzo per modificarne le caratteristiche o ottenerne di speciali. L'impiego nelle miscele di aggiunte è consentito, purché in quantità tali da non pregiudicare la durabilità del calcestruzzo o da causare corrosione alle armature. Le ceneri volanti impiegate dovranno essere conformi alla Norma UNI EN 450. Le prestazioni dei calcestruzzi confezionati con l'aggiunta di ceneri volanti o altre aggiunte di tipo II (secondo la Norma UNI 9858), sia allo stato fresco che indurito, vanno verificate nel corso della fase di qualifica delle miscele.
- Miscela** Il calcestruzzo va specificato dal progettista come **miscela progettata** con riferimento alle prestazioni richieste (calcestruzzo a prestazione garantita). I dati fondamentali per gli impasti a prestazione garantita, da indicarsi in tutti i casi, comprendono:
1. **Classe di resistenza;**
 2. **Massima dimensione nominale degli aggregati;**
 3. **Tipo di struttura (semplice, armata o precompressa);**
 4. **Classe di esposizione ambientale;**
 5. **Lavorabilità.**

La classe di resistenza del calcestruzzo (**Tabella 7.2**) è definita dalla resistenza caratteristica a compressione misurata su cubi di 150mm di lato (R_{ck}) o cilindri di diametro 150mm e altezza 300mm (f_{ck}).

Tabella 7.2

Classe di resistenza	f_{ck} (N/mm ²)	R_{ck} (N/mm ²)	Categoria del calcestruzzo
C8/10	8	10	non strutturale
C12/15	12	15	
C16/20	16	20	ordinario
C20/25	20	25	
C25/30	25	30	
C30/37	30	37	
C35/45	35	45	
C40/50	40	50	
C45/55	45	55	

Per la determinazione della resistenza a compressione si farà riferimento alle Norme UNI 6126, 6127, 6130, 6132 ed alle prescrizioni del DM 9/1/96 e successivi aggiornamenti.

La **classe di esposizione ambientale** di ciascun elemento strutturale sarà di norma specificata seguendo le indicazioni delle "Linee Guida sul calcestruzzo strutturale" emanate dal S.T.C. del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (**Tabella 7.3**).

Tabella 7.3

Denominazione	Descrizione dell'ambiente di esposizione
<i>X0 - Nessun rischio di corrosione</i>	
X0	Molto secco
<i>XC - Corrosione indotta da carbonatazione</i>	
XC1	Secco
XC2	Bagnato raramente secco
XC3	Umidità moderata
XC4	Cicli di bagnamento e di essiccamento
<i>XD - Corrosione indotta dai cloruri</i>	
XD1	Umidità moderata
XD2	Bagnato raramente secco
XD3	Cicli di bagnamento e di essiccamento
<i>XS - Corrosione indotta dai cloruri dell'acqua di mare</i>	
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare
XS2	Sommerso
XS3	Nella zona delle maree, nella zona degli spruzzi
<i>XF - Attacco da cicli di gelo disgelo</i>	
XF1	Grado moderato di saturazione in assenza di sali disgelanti
XF2	Grado moderato di saturazione in presenza di sali disgelanti
XF3	Grado elevato di saturazione in assenza di sali disgelanti
XF4	Grado elevato di saturazione in presenza di sali disgelanti
<i>XA - Attacco chimico</i>	
XA1	Aggressività debole
XA2	Aggressività moderata
XA3	Aggressività forte

Nel caso in cui gli elaborati progettuali specificino la classe di esposizione ambientale secondo le specifiche della Norma UNI 9858, il collegamento con le presenti Norme Tecniche può essere effettuato secondo quanto riportato nella **Tabella 7.4**.

Tabella 7.4

<i>Ambiente d'esposizione secondo UNI 9858</i>		<i>Classi di esposizione</i>
Secco / Molto secco	1	X0
Umido senza gelo	2a	XC1; XC2
Debolmente aggressivo	5a	XC3; XD1; XA1
Umido con gelo	2b	XF1
Marino senza gelo	4a	XS1; XD2
Moderatamente aggressivo	5b	XA2; XC4
Umido con gelo e sali disgelanti	3	XF2
Marino con gelo	4b	XF3
Fortemente aggressivo	5c	XD3; XS2; XS3; XF4; XA3

In relazione alla classe di esposizione prescritta, il calcestruzzo dovrà soddisfare ai seguenti requisiti²:

- **classe di esposizione XC:**

² La classe di resistenza prescritta nelle **Tablelle 9.4 – 9.9** si riferisce solamente a miscele confezionate con cementi di classe 32.5, e diametro massimo dell'aggregato tra 20 e 32mm

Tabella 7.5

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XC1	0.60	280	C25/30
XC2	0.60	280	C25/30
XC3	0.55	300	C30/37
XC4	0.50	320	C30/37

- **classe di esposizione XD:**

Tabella 7.6

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XD1	0.55	300	C30/37
XD2	0.50	320	C30/37
XD3	0.45	350	C35/45

- **classe di esposizione XS:**

Tabella 7.7

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XS1	0.50	300	C30/37
XS2	0.45	320	C35/45
XS3	0.40	370	C35/45

- **classe di esposizione XF:**

Tabella 7.8a

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento (kg/m ³)	Classe di resistenza
XF1	0.55	300	C30/37
XF2	0.50	320	C30/37
XF3	0.50	320	C30/37
XF4	0.45	340	C35/45

Per i calcestruzzi in classe di esposizione XF dovrà essere inoltre garantito il volume minimo di microbolle d'aria aggiunta specificato in [Tabella 7.8b](#). Le microbolle dovranno essere uniformemente distribuite nella miscela ed avere un fattore di spaziatura < 0,20mm, misurato sul calcestruzzo indurito.

Tabella 7.8b

Diametro massimo dell'aggregato (mm)	Aria Aggiunta (%)
32	4
16	5
8	6

- **classe di esposizione XA:**

Tabella 7.9

Denominazione della classe	Massimo rapporto a/c	Minimo dosaggio di cemento	Classe di resistenza*
XA1	0.55	300	C30/37
XA2	0.50	320	C30/37
XA3	0.40	370	C35/45

Quando l'attacco chimico sia dovuto ai solfati, i cementi dovranno rispettare le prescrizioni della UNI 9156.

La **lavorabilità** degli impasti è valutata attraverso **misure di consistenza** del calcestruzzo fresco. Per la misura della consistenza sarà impiegato di norma il metodo dell'abbassamento al cono (UNI 9418). Se previsto negli elaborati di progetto, potranno inoltre essere richieste prestazioni basate sulla misura della consistenza attraverso la prova di spandimento (UNI 8020 - metodo B). I valori di riferimento per l'individuazione della classe di consistenza sono quelli indicati in **Tabella 7.10** e **Tabella 7.11**.

Tabella 7.10

Classe di consistenza	Abbassamento al cono (mm)	Denominazione corrente
S1	Da 10 a 40	Umida
S2	Da 50 a 90	Plastica
S3	Da 100 a 150	Semifluida
S4	Da 160 a 210	Fluida
S5	> 210	Superfluida

Tabella 7.11

Classe di consistenza	Spandimento (mm)
FB1	≤ 340
FB2	da 350 a 410
FB3	da 420 a 480
FB4	da 490 a 550
FB5	da 560 a 620
FB6	≥ 630

In mancanza di esplicite diverse indicazioni negli elaborati di progetto, le miscele, al momento del getto, devono avere un abbassamento al cono di almeno 100mm (S3) o uno spandimento di almeno 420mm (FB3).

In ogni caso la classe di consistenza specificata negli elaborati di progetto, si intende riferita al momento del getto del calcestruzzo.

Il dosaggio, il tipo e la classe di **cemento** da utilizzare, saranno stabiliti nella fase di qualificazione delle miscele. Nella scelta si dovrà tenere conto oltre che della resistenza richiesta, del suo sviluppo nel tempo, e delle esigenze legate alla durabilità (classe di esposizione ambientale), anche della velocità di sviluppo della resistenza, e del calore di idratazione. **In ogni caso il dosaggio di cemento non potrà mai scendere al di sotto dei 280 kg/m³.**

L'assortimento granulometrico delle miscele dovrà essere realizzato impiegando almeno tre classi granulometriche diverse. La granulometria dell'aggregato combinato sarà progettata e messa a punto nella fase di qualifica delle miscele e dovrà garantire il raggiungimento delle prestazioni richieste sia allo stato fresco che indurito. La curva granulometrica scelta per ciascuna miscela dovrà essere comunicata prima dell'inizio dei getti alla Direzione Lavori che provvederà a verificarne la costanza.

La **massima dimensione nominale degli aggregati** dovrà essere indicata negli elaborati di progetto, nel rispetto delle indicazioni riportate al punto 5.4 della Norma UNI 9858 e delle vigenti disposizioni di legge.

Il **rapporto acqua-cemento** (a/c) delle miscele sarà stabilito in modo da garantire la durabilità del calcestruzzo, il raggiungimento della resistenza richiesta dagli elaborati progettuali e di tutte le altre prestazioni richieste alle miscele, sia allo stato fresco che indurito.

Nella determinazione del rapporto a/c occorre considerare gli aggregati nella condizione di saturazione a superficie asciutta. Pertanto bisognerà tenere conto dell'umidità degli aggregati al momento dell'impasto, sia essa in eccesso o in difetto rispetto alla condizione su menzionata, in base ai valori di assorbimento determinati in fase di qualificazione, secondo la Norma UNI 8520 parti 13a e 16a.

7.2 – ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

La composizione della miscela (acqua, cemento, aggregati, additivi ed aggiunte) deve essere stabilita in modo da soddisfare le specifiche prestazionali richieste, e di minimizzare i fenomeni di segregazione ed essudazione del calcestruzzo fresco.

A tale scopo l'Impresa è tenuta a far eseguire uno studio della composizione del calcestruzzo (mix design). Tale studio si articolerà in due fasi comprendendo una fase di qualifica delle miscele in laboratorio ed una di messa a punto delle miscele all'impianto di produzione.

Qualifica delle miscele in laboratorio L'Impresa, presenterà alla Direzione Lavori lo studio di composizione del conglomerato cementizio sulla base delle richieste contenute negli elaborati progettuali. Tale studio sarà eseguito presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e conterrà i risultati delle prove fisiche e di resistenza meccanica realizzate su ciascuna miscela di cui sia previsto l'impiego.

Lo studio di composizione presentato non dovrà essere più vecchio di un anno. Per ognuna delle miscele proposte per l'impiego dovrà essere indicato almeno:

- il proporzionamento analitico di un metro cubo di calcestruzzo;
- tipo, classe e dosaggio di cemento;
- la quantità d'acqua utilizzata;
- il rapporto a/c (con aggregati in condizioni saturi a superficie asciutta);
- la granulometria ed il dosaggio di ciascuna frazione degli aggregati;
- i risultati delle prove di qualifica degli aggregati utilizzati;
- tipo e dosaggio degli eventuali additivi ed aggiunte;
- in caso di impiego di additivo aerante, il contenuto percentuale di aria inclusa nell'impasto fresco;
- classi di esposizione ambientale per le quali la miscela è durabile;
- la massa volumica del calcestruzzo fresco;
- la lavorabilità delle miscele;
- le resistenze meccaniche alle scadenze prescritte.

Potrà inoltre essere prevista la preparazione di provini per la determinazione di qualsiasi altra caratteristica del calcestruzzo richiesta dagli elaborati progettuali.

Qualifica delle miscele all'impianto La Direzione Lavori autorizzerà l'inizio dei getti solamente dopo l'approvazione della documentazione relativa agli studi di qualifica delle miscele in laboratorio ed all'effettuazione, presso l'impianto di produzione, in contraddittorio con l'Impresa, di impasti di prova per la qualificazione della produzione di ciascuna miscela.

La qualifica si intenderà positivamente superata quando:

- la resistenza caratteristica misurata sul calcestruzzo all'impianto di produzione risulti superiore a quella prevista per la miscela in prova;
- il valore dell'abbassamento al cono sia conforme alla classe di consistenza dichiarata;
- il rapporto a/c determinato secondo le modalità previste nella norma UNI 6393, non superi di 0.04 quello dichiarato nella qualifica delle miscele in laboratorio;
- il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco sia superiore al 97% di quello ottenuto nella qualifica delle miscele in laboratorio.

Nel caso sia previsto il pompaggio delle miscele, gli impasti prodotti dovranno possedere idonee proprietà reologiche, di modo che il getto avvenga mantenendo il valore prestabilito del rapporto a/c.

L'approvazione delle miscele da parte della Direzione Lavori non libera in alcun modo l'Impresa dalle sue responsabilità in base alle norme vigenti. La qualifica delle miscele dovrà essere ripetuta, con le medesime modalità, ogni qualvolta verranno a modificarsi sensibilmente le caratteristiche fisico-chimiche dei costituenti del calcestruzzo o le modalità di confezionamento.

7.3 – CONFEZIONAMENTO DELLE MISCELE

Gli impianti di confezionamento del calcestruzzo devono avere una adeguata capacità di stoccaggio delle materie prime (cementi, aggregati, aggiunte, additivi) per garantire la continuità della produzione secondo il previsto programma dei lavori.

Materiali di tipo diverso devono essere movimentati e stoccati in modo da evitare miscele, contaminazioni o deterioramento. 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.

Durante lo stoccaggio degli aggregati occorre evitare che si verifichi una segregazione all'interno di ciascuna frazione granulometrica.

Gli additivi devono essere trasportati e conservati in modo da evitare che la loro qualità venga compromessa da fattori chimici o fisici.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico, con dosaggio a peso degli aggregati, del cemento e delle eventuali aggiunte. Acqua, ed additivi possono essere dosati sia a peso che a volume.

I dispositivi di dosaggio del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere di tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

Dovranno essere predisposte apparecchiature o procedure di controllo tali da consentire, per ogni impasto, il controllo dell'umidità degli aggregati e quindi l'aggiunta della corretta quantità d'acqua.

Il dosaggio effettivo degli aggregati, dell'acqua, del cemento e delle aggiunte dovrà essere realizzato con precisione del 3%, quello degli additivi con precisione del 5%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta all'anno. La loro precisione dovrà essere pari almeno quella riportata nella prospetto X della Norma UNI 9858.

Gli impasti dovranno essere confezionati in mescolatori meccanici aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo³ e la velocità di miscelazione dovranno essere tali da produrre una miscela omogenea. Per quanto non specificato, vale la Norma UNI 7163 - 79.

Se si aggiungono all'impasto additivi in quantità inferiore a 2g/kg di cemento, questi devono essere preventivamente dispersi in una parte dell'acqua di impasto. Quando, a causa del breve periodo di attività degli additivi, sia necessario aggiungerli in cantiere, il calcestruzzo deve già essere stato miscelato in modo omogeneo prima dell'additivazione. Al termine dell'additivazione il calcestruzzo deve essere rimiscelato fino a che l'additivo risulti completamente disperso nella massa di calcestruzzo ed inizi ad esplicare la sua azione.

7.4 – TRASPORTO DELLE MISCELE

Il trasporto del calcestruzzo, dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego, ed il suo scarico, dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

Ogni carico di calcestruzzo dovrà essere accompagnato da un documento di trasporto sul quale saranno indicati:

- numero di serie;
- denominazione dell'impianto di betonaggio;
- identificazione dell'autobetoniera;
- nome del cliente;
- denominazione ed indirizzo del cantiere;
- la data e le ore di carico, di arrivo in cantiere e di inizio/fine scarico;
- quantità (m³) di calcestruzzo fornito;
- la classe di resistenza;
- la classe di esposizione ambientale;
- la classe di consistenza;

³ Il tempo di miscelazione decorre da quando tutti i componenti del calcestruzzo sono all'interno del mescolatore in rotazione

-
- un codice che identifichi la ricetta utilizzata per il confezionamento;
 - la dimensione massima dell'aggregato;
 - il tipo, la classe e, il contenuto di cemento;
 - il rapporto a/c;
 - il dosaggio ed il tipo di eventuali additivi da aggiungere in cantiere.

A richiesta, il personale dell'Impresa dovrà esibire detti documenti agli incaricati della Direzione Lavori. L'Impresa dovrà tenere idonea documentazione in base alla quale sia possibile individuare il punto della struttura cui ciascun carico è stato destinato.

7.5 – POSA IN OPERA DELLE MISCELE

La posa in opera del calcestruzzo sarà eseguita dopo aver preparato accuratamente le casseforme, gli scavi da riempire ed i piani di posa e dopo aver posizionato le armature metalliche. Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., la pulizia del sottofondo, il posizionamento di eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, sono eseguiti in conformità alle disposizioni degli elaborati progettuali.

I getti, che dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto, potranno essere iniziati solo dopo la verifica delle casseforme, degli scavi, e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori. Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani di appoggio e delle pareti di contenimento.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione. A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm ottenuti dopo la compattazione.

L'altezza di caduta libera del calcestruzzo fresco, misurata dall'uscita dello scivolo o della bocca del tubo convogliatore, non dovrà superare 1m.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli necessari a raggiungere la compattazione ottimale delle miscele. La vibrazione del calcestruzzo deve proseguire fino a che praticamente cessi la fuoriuscita di bolle d'aria ma senza provocare segregazione.

Le superfici esterne devono presentarsi lisce, compatte, omogenee, perfettamente regolari ed esenti da macchie o chiazze. Le eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento immediatamente dopo il disarmo.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che, con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere dai getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0.5cm sotto la superficie finita, e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati. Queste prestazioni non saranno in nessun caso oggetto di compensi a parte. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data di inizio e di fine dei getti e del disarmo.

L'Impresa potrà adottare per la casseratura il sistema, i materiali ed i mezzi che riterrà più idonei o di sua convenienza, purché soddisfino le condizioni di stabilità e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi.

Di norma i getti dovranno essere eseguiti senza soluzione di continuità, in modo da evitare ogni ripresa. Dovranno essere definiti i tempi massimi di ricopertura dei vari strati successivi, così da consentire l'adeguata rifluidificazione ed omogeneizzazione della massa di calcestruzzo per mezzo di vibrazione. Nel caso ciò non fosse possibile, prima di poter effettuare la ripresa, la superficie del calcestruzzo indurito dovrà essere accuratamente pulita, lavata, spazzolata e scalfita fino a diventare sufficientemente rugosa, così da garantire una perfetta aderenza con il getto successivo; ciò potrà essere ottenuto anche mediante l'impiego di additivi ritardanti o di speciali adesivi per riprese di getto.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze; in caso contrario l'impresa dovrà provvedere ad applicare adeguati trattamenti superficiali traspiranti al vapore d'acqua. Nelle strutture impermeabili dovrà essere garantita la tenuta all'acqua dei giunti di costruzione con accorgimenti, da indicare nel progetto.

Quando la temperatura dell'aria è inferiore a + 5°C valgono le disposizioni e prescrizioni della Norma UNI 8981 parte 4a. La posa in opera del calcestruzzo dovrà essere sospesa nel caso che la temperatura dell'impasto scenda al di sotto di +5°C.

Prima del getto ci si dovrà assicurare che tutte le superfici a contatto del calcestruzzo siano a temperatura di +5°C.

La neve e il ghiaccio, se presenti, dovranno essere rimossi, dai casseri, dalle armature e dal sottofondo: per evitare il congelamento tale operazione dovrebbe essere eseguita immediatamente prima del getto.

I getti all'esterno dovranno essere sospesi se la temperatura dell'aria è minore di -5°C .

Durante le operazioni di getto la temperatura dell'impasto non dovrà superare i 35°C ; tale limite potrà essere convenientemente abbassato per getti massivi.

Per ritardare la presa del cemento e facilitare la posa e la finitura del calcestruzzo potranno essere impiegati additivi ritardanti, o fluidificanti ritardanti di presa, conformi alle norme UNI EN 934 preventivamente testati durante la fase di qualifica delle miscele.

7.6 – STAGIONATURA E PROTEZIONE DEL CALCESTRUZZO

I metodi di stagionatura e protezione adottati e la loro durata dovranno essere tali da garantire la prescritta resistenza del calcestruzzo e la sua durabilità.

Durante il periodo di stagionatura protetta sarà necessario mantenere le superfici dei getti ad una umidità relativa superiore al 95% evitando nel contempo che essi subiscano urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere.

Le durate, in giorni, di stagionatura protetta per conseguire una adeguata impermeabilità della zona corticale delle strutture sono riportati nella **Tabella 7.12**.

Tabella 7.12

Velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo	Rapido			Medio			Lento		
Temperatura del calcestruzzo ($^{\circ}\text{C}$)	5	10	15	5	10	15	5	10	15
Condizioni ambientali durante la stagionatura:	giorni di stagionatura protetta								
Non esposto ad insolazione diretta; $UR \geq 80\%$	2	2	1	3	3	2	3	3	2
Insolazione o vento medi, $UR \geq 50\%$	4	3	2	6	4	3	8	5	4
Insolazione o vento intensa, $UR \leq 50\%$	4	3	2	8	6	5	10	8	5

La velocità di sviluppo della resistenza del calcestruzzo può essere desunta dalla

Tabella 7.13.

Tabella 7.13

Velocità di sviluppo della resistenza	Rapporto a/c	Classe del cemento
Rapida	$< 0,5$	42,5 R
Media	$0,5 - 0,6$	42,5 R
Lenta	$< 0,5$	32,5 R - 42,5 R
	In tutti gli altri casi	

Le durate di stagionatura riportate in **Tabella 7.12** dovranno essere adeguatamente aumentate nel caso in cui il calcestruzzo sia esposto a severe condizioni di abrasione o per condizioni ambientali più gravose di quelle corrispondenti alle classi X0, XC e XA1.

Il metodo di stagionatura prescelto dovrà assicurare che le variazioni termiche differenziali non provochino fessure tali da compromettere le caratteristiche del calcestruzzo indurito.

Per limitare le tensioni di origine termica, la differenza massima di temperatura tra il centro e la superficie del getto, non deve superare i 20°C . Gradienti termici inferiori potranno essere specificati nel progetto.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti potrà essere effettuata quando siano state raggiunte le resistenze prescritte. Subito dopo il disarmo si dovranno prendere gli accorgimenti neces-

sari in modo da impedire l'evaporazione dell'acqua contenuta nel conglomerato e quindi il rapido essiccamento della sua superficie.

7.7 – CONTROLLI

Vengono nel seguito definiti i controlli da effettuare sui materiali impiegati e sulle miscele, sia allo stato fresco che indurito. Si individuano due gruppi principali di controlli:

- controlli in corso d'opera;
- controlli sulle opere finite.

Controlli in corso d'opera La Direzione Lavori esegue controlli periodici in corso d'opera per verificare la conformità dei materiali e degli impasti impiegati alle prescrizioni normative, alle ulteriori prescrizioni previste nelle presenti Norme Tecniche, nonché ai parametri stabiliti durante i controlli preliminari di qualificazione.

Per le resistenze meccaniche il "**controllo di accettazione**" definito dal D.M. 9/1/96, e successivi aggiornamenti, dovrà avvenire con le modalità ivi specificate. Il tipo di controllo adottato (A o B) ed il numero dei prelievi da effettuare sono quelli previsti dal progetto, nel rispetto del citato D.M. 9/1/96. L'opera o la parte di opera per la quale non sia verificata la conformità della resistenza a compressione non potrà essere contabilizzata finché la non conformità non sarà stata definitivamente rimossa o accettata dalla Direzione Lavori a seguito dei controlli sulle opere finite definite nel seguito.

Il prelievo dei campioni di calcestruzzo fresco avverrà secondo le modalità previste dalla norma UNI 6126. Per il giudizio di conformità della consistenza deve essere effettuata una prova per ogni giorno di getto. Il campione prelevato per determinarne la consistenza, deve essere rappresentativo dell'impasto, carico o consegna (UNI 6126). La consistenza degli impasti è ritenuta conforme se la consistenza misurata rientra nella classe di consistenza specificata.

Per il giudizio di conformità del rapporto a/c, del contenuto di cemento e della distribuzione granulometrica dell'aggregato, deve essere effettuata almeno una determinazione per ogni giorno di getto. Il rapporto a/c è ritenuto conforme se il suo valore medio non supera il valore previsto per la miscela in esame e se i singoli valori non superano di oltre 0,05 il detto valore. La conformità per il contenuto di cemento è raggiunta quando il suo valore medio è uguale o maggiore al valore prescritto. Singoli risultati possono essere minori, ma non oltre il 5% in massa rispetto al valore di specifica. Il controllo in cantiere della composizione del calcestruzzo fresco sarà eseguito secondo la norma UNI 6393.

La conformità per l'assortimento granulometrico è raggiunta se:

- le singole percentuali di passante dell'aggregato grosso (norma UNI 8520) non si discostano più del 5% da quelle stabilite nella fase di qualifica delle miscele;
- le singole percentuali di passante dell'aggregato fino (norma UNI 8520) non si discostano più del 3% da quelle stabilite nella fase di qualifica delle miscele.

Laddove sia previsto l'impiego di additivi aeranti deve essere effettuata almeno una determinazione del contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco per ogni giorno di getto, secondo quanto previsto dalla norma UNI 6395. La conformità per il contenuto d'aria nel calcestruzzo fresco è verificata se ogni valore di prova dei singoli campioni supera il valore di specifica ma non più del 2%, a meno di particolari prescrizioni.

E' facoltà della D. L. rifiutare carichi di calcestruzzo che nei controlli in corso d'opera non rispondano ai requisiti prescritti. I getti effettuati con miscele non conformi non potranno essere contabilizzati finché la non conformità non sarà stata definitivamente rimossa o accettata dalla Direzione Lavori a seguito dei controlli sulle opere finite.

Per le caratteristiche non trattate nelle presenti Norme Tecniche i piani di campionamento ed i criteri di conformità devono essere concordati preventivamente, tenuto conto dei sistemi di verifica e del livello di affidabilità previsto per le strutture o per il manufatto di calcestruzzo presi in considerazione.

Controlli sulle opere finite

Il controllo della qualità del calcestruzzo in opera sarà eseguito su tutte le strutture realizzate, a prescindere dall'esito dei controlli di accettazione, e riguarderà la resistenza caratteristica (R_{ck} , f_{ck}) richiesta dagli elaborati di progetto.

Laddove questi ultimi prescrivano il raggiungimento di specifici valori della resistenza a tempi di maturazione inferiori ai 28 giorni, anche questi saranno soggetti a controllo in opera con le stesse modalità previste per la resistenza caratteristica.

Per l'esecuzione dei controlli è previsto l'impiego di 3 diverse metodologie sperimentali.

1. Determinazione della resistenza a compressione su carote.

Il prelievo delle carote, da eseguire in contraddittorio e la loro conservazione, dovrà avvenire secondo quanto previsto dalla Norma UNI 6131. La preparazione dei provini (taglio, rettifica, cappaggio) e la loro rottura dovrà avvenire secondo la Norma UNI 6132.

Il **diametro delle carote** dovrà essere superiore a 100mm (preferibilmente 150mm) e comunque maggiore di 4 volte la dimensione massima effettiva dell'aggregato impiegato. L'**altezza** dei provini cilindrici ricavati dalle carote, dovrà essere compresa tra 1 e 2 volte il diametro della carota.

Ogni carota dovrà essere identificata con data, ora e punto di prelievo. Il prelievo delle carote e le prove di compressione sui provini ricavati dalle carote dovranno essere eseguite da Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Per passare dalla resistenza a compressione misurata sui campioni cilindrici ricavati dalle carote (R_{cil}), alla resistenza cubica a compressione (R_{cc}) del calcestruzzo in opera, si utilizzerà la seguente relazione:

$$R_{cc} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 R_{cil}$$

$$\alpha_1 = \frac{D}{1.5 + \frac{D}{h}}$$

$D = 2.5$ per carote prelevate orizzontalmente
 $D = 2.3$ per carote prelevate verticalmente

$$\alpha_2 = 1.0 + 1.5 \frac{\Phi_r d}{\Phi_1}$$

(solo in caso di presenza, all'interno della carota, di barre di armatura ortogonali all'asse della carota stessa)

$$\alpha_3 = 1.20$$

(per tenere conto del disturbo arrecato dal prelievo)

Φ : diametro della carota

Φ_r : diametro della barra

h :

altezza della carota dopo il cappaggio

l : altezza della carota prima del cappaggio

d : distanza dell'asse della barra dall'estremità più vicina della carota

Nel caso in cui siano presenti più barre di armatura, andrà considerata nel calcolo solamente quella che dà il valore più elevato del prodotto ($\Phi_r d$).

Per la determinazione della resistenza caratteristica si procederà in analogia a quanto previsto dalla Normativa Italiana (Allegato 2 al D.M. 9/1/96).

2. Metodo combinato ultrasuoni + indice sclerometrico.

La misura dell'indice di rimbalzo (IR) dello sclerometro sarà effettuata secondo la Norma UNI 9189.

La misura della "velocità apparente" (V) di propagazione degli impulsi ultrasonici in sulle strutture finite, o su carote da esse prelevate, sarà effettuata secondo la Norma UNI 9524.

Le due misure andranno effettuate nelle dirette vicinanze l'una dell'altra così che i risultati possano essere impiegati in modo congiunto.

3. Prova di estrazione di tasselli post-inseriti (pull-out test).

La prova prevede la determinazione della forza (F) necessaria ad estrarre da un elemento di calcestruzzo un inserto metallico di opportune caratteristiche ed introdotto, previa foratura, nell'elemento stesso. L'esecuzione della prova dovrà avvenire secondo la Norma UNI 10157.

La qualità del calcestruzzo in opera:

La stima della qualità del calcestruzzo in opera è effettuata sulla base del **valore caratteristico della resistenza a compressione**. Ciò richiede, per ciascuna classe di calcestruzzo posta in ope-

ra, la preventiva valutazione **dell'omogeneità** dei getti.

I metodi di indagine in sito previsti per tale valutazione sono:

- metodo combinato ultrasuoni + indice sclerometrico;
- estrazione di tasselli post-inseriti (pull-out test).

In entrambi i casi la resistenza a compressione del calcestruzzo (R) viene stimata utilizzando correlazioni empiriche con i parametri caratteristici del metodo impiegato:

Metodo combinato ultrasuoni-sclerometria:

- Velocità degli ultrasuoni (V)
- Indice di Rimbalzo (IR)

Prova di estrazione Pull-out:

- Forza di estrazione dei tasselli (F)

Le correlazioni utilizzate saranno del tipo $R = f(X_i)$. Esse dovranno essere stabilite, presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, sullo stesso calcestruzzo oggetto del controllo. In particolare per la prova di estrazione si seguirà la metodologia descritta dalla norma UNI 10157.

Sarà compito dell'Impresa provvedere al prelievo, in cantiere o presso l'impianto di produzione, ed alla maturazione, di un congruo numero di provini prodotti con lo stesso calcestruzzo utilizzato per i getti.

In ogni caso l'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori una relazione tecnica che illustri nei dettagli la procedura seguita e che fornisca almeno:

- la correlazione $R = f(X_i)$;
- la numerosità del campione utilizzato;
- il coefficiente di regressione (\square) della correlazione ottenuta;
- il coefficiente di variazione $C_{R'}$ della distribuzione delle resistenze misurate (R').

È inoltre consentito l'impiego di correlazioni stabilite su un calcestruzzo standard, purché opportunamente calibrate. Nella **Tabella 7.15** sono riportate, per i due metodi di controllo previsti:

- due tra le possibili correlazioni stabilite su un calcestruzzo standard che è possibile impiegare per la stima della resistenza a compressione in mancanza di sperimentazione diretta;
- i valori dei coefficienti di regressione (\square) e di variazione $C_{R'}$.

Tabella 7.15

Metodo di controllo	$R = f(X_i)$ [MPa]	Coefficiente di regressione \square	Coefficiente di variazione $C_{R'}$
Metodo combinato Ultrasuoni + sclerometro	$R = 1.2 \cdot 10^{-9} V^{2.446} IR^{1.058}$	0.92	0.25
Estrazione tasselli Post-inseriti (Pull-out)	$R = 0.092F + 94.1$	0.95	0.25

[V] = m/s; [F] = daN.

Il valore del coefficiente di influenza globale (C_i) da utilizzare per correggere i valori di resistenza stimati a partire dalle misure in sito, deve essere determinato sperimentalmente confrontando le resistenze stimate con quelle ottenute da carote prelevate dalla struttura in esame. L'Impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori una relazione tecnica che illustri nei dettagli la procedura seguita e che fornisca almeno:

- posizione delle carote prelevate dalle opere;
- i valori dei parametri caratteristici del metodo impiegato misurati su ciascuna carota;
- i valori della resistenza a compressione misurati su ciascuna carota;
- il valore del coefficiente di influenza globale (C_i).

Programmazione ed esecuzione dei controlli

Tutte i prelievi e le prove previste nell'ambito dei controlli sulle opere finite saranno effettuate da Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Le indagini in sito andranno eseguite secondo un calendario stabilito dalla Direzione Lavori e comunque non oltre i 90 giorni dall'esecuzione dei getti.

Il tipo ed il numero di prove da effettuare, in funzione delle dimensioni dell'opera, sono riportate nella **Tabella 7.16**.

Tabella 7.16

(*) Fino a 300m ³ :	2 carotaggi	ogni 100m ³ o frazione
Oltre i 300m ³ si aggiungono:		
	5 rilievi combinati (ultrasuoni + sclerometria) + 1 carotaggio Oppure, in alternativa: 5 prove di estrazione (pull-out test) + 1 carotaggio	ogni 100m ³ o frazione

(*) può essere omessa la valutazione dell'omogeneità dei getti

La scelta tra il controllo combinato ultrasuoni + sclerometria e le prove di estrazione (pull-out test) sarà effettuata in relazione alla tipologia delle opere eseguite.

Criteri di conformità:

Il giudizio finale sull'**omogeneità dei getti** è basato sul coefficiente di variazione della resistenza attuale del calcestruzzo calcolato utilizzando la seguente relazione:

$$C_{S'} = [C_s^2 + C_{R'}^2 (1 - \square^2)]^{1/2}$$

$C_{S'}$: coefficiente di variazione della resistenza attuale;

C_s : coefficiente di variazione della resistenza stimata;

$C_{R'}$: coefficiente di variazione della resistenza per il campione di correlazione;

\square : coefficiente di regressione della curva di correlazione.

Saranno considerati soddisfacenti valori di $C_{S'}$ inferiori al 15%. In caso contrario di dovrà procedere ad una ulteriore suddivisione dei getti in zone omogenee.

Per il calcolo della **resistenza caratteristica** del calcestruzzo in opera si procederà all'interno di ciascuna classe di resistenza, o zona omogenea, utilizzando la relazione:

$$R_{ck,a} = R_{cm,a} (1 - 1.4 C_{S'})$$

$R_{ck,a}$: resistenza caratteristica attuale del calcestruzzo in opera per la classe o gruppo omogeneo

$R_{cm,a}$: resistenza media attuale del calcestruzzo in opera per la classe o zona omogenea

$C_{S'}$: coefficiente di variazione della resistenza attuale

Il controllo della resistenza caratteristica risulterà positivo se, per ogni classe o gruppo omogeneo, la resistenza caratteristica risulterà non inferiore a quella richiesta dagli elaborati di progetto e dalle presenti Norme Tecniche.

In caso di non conformità la Direzione Lavori potrà, in alternativa:

- dequalificare l'opera;
- fare eseguire lavori di adeguamento, preventivamente approvati dal Progettista;
- chiedere all'Impresa di demolire e ricostruire la parte di opera risultata difettosa.

Tutti gli oneri per eventuali interventi di adeguamento, demolizione e ricostruzione sono a carico dell'Impresa.

8 - Sistemazioni Idrauliche

8.1 - 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.

8.1.1 - CUNETTE E FOSSI DI GUARDIA

Le acque defluenti dal corpo stradale o dall'esterno (per esempio dal pendio, per strade a mezza costa o in trincea) vengono raccolte in piccoli canali, detti rispettivamente cunette o fossi di guardia 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.

*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.

*Elementi in
C.A.V.*

Gli elementi prefabbricati devono essere in conglomerato cementizio vibrato, avente $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$, armato con rete di acciaio a maglie saldate, del tipo Fe B 44k in fili del diametro non inferiore a 6 mm.

Gli elementi possono avere forma trapezoidale o a L, secondo i disegni di progetto.

Lo spessore deve essere non inferiore a 7 cm e le testate debbono essere sagomate ad incastro a mezza piolla.

*Rivestimento
in muratura*

Il rivestimento di canali, cunette e fossi di guardia deve essere eseguito in muratura di pietrame o di mattoni e malta dosata a 400 Kg/mc di cemento, con lavorazione del paramento a faccia vista e stuccatura dei giunti.

Il rivestimento, dello spessore indicato in progetto, deve essere eseguito previa predisposizione nello scavo della malta di allettamento.

Cordonature

Devono essere realizzate con cordoli prefabbricati di lunghezza non superiore a 1.00 m, di forma prismatica e con la sezione indicata in progetto. Gli elementi devono essere in conglomerato cementizio vibrato (C.A.V.), con $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$, presentare superfici in vista regolari e ben rifinite ed essere esenti da imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature.

Posa in opera

I manufatti prefabbricati devono essere posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura. I giunti devono essere stuccati con malta dosata a 400 Kg/mc di cemento.

Le cordature devono essere poste in opera su platea in conglomerato cementizio con $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$, interponendo uno strato di malta dosata a 400 Kg/mc di cemento, che deve essere utilizzata anche per la stuccatura dei giunti.

8.1.2 - CADITOIE STRADALI

Le caditoie stradali sono dispositivi opportunamente sagomate 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 manutentibile con un dispositivo di coronamento (griglia) o di chiusura (chiusino).

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 elettrosaldada 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.

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.

La tipologia e le dimensioni sono indicate negli elaborati di progetto.

8.1.3 – 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. Le canalette devono estendersi lungo tutta la scarpata, dalla banchina fino al fosso di guardia. L'elemento più alto è detto invito, i successivi embrici.

Gli embrici sono costituiti da elementi prefabbricati in C.A.V. realizzati con conglomerato cementizio $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ ed aventi misure di cm 50/40x50x20 e spessore $\geq 5 \text{ cm}$.

Posa in opera

La posa in opera l'Impresa deve avere cura di effettuare lo scavo di imposta in funzione della geometria 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 $\phi 24$, 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 $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$. La sagomatura dell'invito deve essere configurata in modo che l'acqua non abbia alcun impedimento nel defluire.

8.1.4 – CONTROLLI

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.

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. 09/01/1996.

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.

8.1.5 – 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.

Tubi in C.A.V.

Le tubazioni in C.A.V. 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 $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$.

Le tubazioni in C.A.V. devono avere sezione a corona circolare di spessore uniforme, superfici interne lisce e prive di irregolarità, sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che deve essere sigillato in opera con malta di cemento e con guarnizioni.

Tubi in P.V.C. rigido

Le tubazioni in P.V.C. rigido 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.

Tubi in acciaio

Le tubazioni 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.

8.1.5.1 - POSA IN OPERA DEI TUBI

Disposizioni generali

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 rinfiacate. Il conglomerato per la platea ed i rinfianchi deve essere di classe Rck ≥ 25 N/mm².

Tra tubazione e platea deve essere interposto uno strato di malta dosata a 400 kg/m³ di cemento.

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.

Giunzioni *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.*

8.1.5.2 - 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.

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

8.2 – 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.

8.2.1 – DRENAGGI DEL CORPO STRADALE

<i>Materiali</i>	<p>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.</p> <p>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.</p>
<i>Esecuzione</i>	<p>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.</p>
<i>Controlli</i>	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>

8.2.2 - TUBAZIONI PERFORATE PER DRENAGGI

<i>Tubi in C.A.V.</i>	<p>Le tubazioni in C.A.V. 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 $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$.</p> <p>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.</p>
<i>Tubi in P.V.C. Rigido</i>	<p>Le tubazioni in P.V.C. 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.</p> <p>Le caratteristiche, i requisiti, le modalità di posa in opera ed i controlli sono le medesime di quelle contenute nel paragrafo delle tubi in P.V.C. rigido.</p>
<i>Tubi in acciaio</i>	<p>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.</p>

8.2.3 - 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, termo-

calandratura 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 in **Tabella 8.1**:

Tabella 8.1			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Valore
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.		□ m	< 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.

8.2.3 - 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):

$$\frac{D_{15} \text{ filtro}}{D_{85} \text{ terreno}} < 5 \quad 4 < \frac{D_{15} \text{ filtro}}{D_{15} \text{ terreno}} < 20 \quad \frac{D_{50} \text{ filtro}}{D_{50} \text{ terreno}} < 25$$

dove D_{15} , D_{50} e D_{85} 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.

Controlli

Per l'accettazione dei materiali, l'Impresa deve dimostrare alla Direzione Lavori la rispondenza alle prescrizioni progettuali ed ai requisiti sopra indicati. La Direzione Lavori può comunque ordinare

delle prove di controllo da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

8.3 - TOMBINI E MANUFATTI DI ATTRAVERSAMENTO DEL CORPO STRADALE

8.3.1 - MANUFATTI TUBOLARI IN LAMIERA D'ACCIAIO ONDULATA

Per l'attraversamento di canali di scolo o piccoli torrenti si possono realizzare, oltre a manufatti in c.a., tombini e sottopassi con struttura portante in lamiera di acciaio ondulata, con onda normale alla generatrice, a piastre multiple o ad elementi incastrati.

Materiali

L'acciaio della lamiera ondulata deve essere della qualità di cui alle norme AASHTO Modificata 167/70 e AASHTO Modificata 36/70, con contenuto di rame non inferiore allo 0,20% e non superiore allo 0,40 %, spessore minimo di mm 1.5, con tolleranza ammessa secondo la Norma UNI 2634; deve essere del tipo Fe 360, protetto su entrambe le facce da zincatura eseguita secondo le Norme UNI 5744-66 e 5745-75 con 305 g/m² di zinco per faccia.

Per manufatti da impiegare in ambienti chimicamente aggressivi, si deve provvedere alla loro protezione mediante rivestimento realizzato con adeguato mastice bituminoso, avente uno spessore minimo di 1,5 mm inserito sulla cresta delle ondulazione con peso unitario di 1,5 Kg/m² per faccia applicato a spruzzo od a pennello. In alternativa è consentito l'uso di bitume ossidato applicato mediante immersione a caldo, negli stessi quantitativi precedentemente indicati.

Qualità

L'Impresa, prima della posa in opera, per ogni singolo manufatto deve fornire alla Direzione Lavori:

- la certificazione del Produttore attestante la qualità dell'acciaio e la quantità di zinco applicata su ciascuna faccia;
- il progetto costruttivo dell'opera con le caratteristiche geometriche, lo spessore delle lamiere, le modalità ed i particolari di montaggio.

Le strutture finite devono essere esenti da difetti come: soffiature, bolle di fusione, macchie, scalfiture, parti non zincate, ecc.

L'elemento tipo del manufatto a sezione circolare deve essere costituito da due mezze sezioni cilindriche ondulate, curvate al diametro prescritto. Dei due bordi longitudinali di ogni elemento l'uno è a filo diritto e l'altro ad intagli, tali da formare quattro riseghe atte a ricevere, ad "incastro", il bordo del diritto dell'altro elemento.

L'ampiezza dell'onda deve essere di 67,7 mm e la profondità di 12,7 mm la lunghezza dell'intero manufatto, al netto di eventuali testate, è un multiplo di 0,61 m.

Per i manufatti a piastre multiple, indicativamente l'ampiezza dell'onda è di mm 152,4 e la profondità di mm 50,8. Il raggio della curva interna della gola deve essere almeno di mm 28,6.

Le piastre devono fornirsi in misura standard ad elementi tali da costituire, montate in opera, un vano la cui lunghezza sia multiplo di m 0,61; comunque si ammettono anche lunghezze comprese fra 1.75 e 2.5 m.

Montaggio

Per i tombini ad elementi incastrati o bullonati, nel montaggio del tubo le sovrapposizioni circolari devono essere sfalsate, facendo sì che ogni elemento superiore si innesti sulla metà circa dei due elementi inferiori corrispondenti.

Gli appositi elementi devono legarsi tra loro, in senso longitudinale, mediante appositi ganci in acciaio zincato.

Le forme impiegabili, nel tipo ad elementi incastrati, sono la circolare con diametro variabile da m 0,30 a m 1,50 e che può essere fornita con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro e la policentrica, anche ribassata, con luce minima di m 0,40 e luce massima di m 1,75.

Per i manufatti a piastre multiple, i bulloni di giunzione delle piastre devono essere di diametro non inferiore ad 1.91 mm ed appartenere alla classe 8.8 (UNI 3740).

Le teste di bulloni dei cavi devono assicurare una perfetta adesione ed occorrendo si devono impiegare speciali rondelle.

Le forme di manufatti da realizzarsi mediante piastre multiple sono circolari, con diametro compreso da m 1,50 a m 6,40 e possono essere fornite con una preformazione ellittica massima del 5% in rapporto al diametro; ribassate con luce variabile da m 1,80 a m 6,50 ad arco con luce variabile da m 1,80 a m 9,00; policentriche (per sottopassi) con luce variabile da m 2,20 a m 7,00.

La coppia dinamometrica di serraggio per i bulloni deve, al termine del serraggio stesso, risultare tra 18 e 27.

Posa in opera

Lo scarico e la movimentazione delle lamiere in cantiere deve essere fatta con idonee cautele per non danneggiare il rivestimento, tanto di zinco quanto bituminoso.

La condotta metallica deve essere posata su un letto uniforme, omogeneo, stabile e resistente, evitando fondi rigidi con asperità.

Il letto di posa deve sagomarsi come il profilo del fondo della condotta per permettere un mutuo accoppiamento perfetto.

Nel caso di terreno a debole portanza si deve eseguire una bonifica del piano di posa asportando il materiale per la profondità necessaria; si deve poi riempire lo scavo con materiale da rilevato, come indicato nel progetto, compattandolo convenientemente.

In presenza invece di un fondo roccioso o piattaforma di conglomerato cementizio si deve interporre tra la struttura ed il fondo un materiale granulare compatto di 30 cm di spessore. In ogni caso si deve interporre tra condotta e fondo uno strato di sabbia monogranulare asciutta e pulita dello spessore minimo di 10 cm.

Tale strato non deve essere compattato per permettere una perfetta aderenza della condotta e deve estendersi in larghezza fino all'attacco delle piastre d'angolo con il fondo.

Costipamento laterale e riempimento

Il materiale di rinfianco della condotta deve essere compattato ed eventualmente inumidito per facilitare la sua penetrazione sotto i quarti inferiori delle strutture circolari o sotto le piastre angolari di base nelle sezioni ribassate o policentriche.

Deve essere posato e compattato a strati orizzontali di spessore non superiore a 30 cm, disposti in modo che il livello di interrimento risulti simmetrico sui due lati del manufatto.

La compattazione di ogni strato deve soddisfare le indicazioni riportate nell'articolo "Movimento di Materie".

Nel corso della fase di costipamento in vicinanza della condotta si devono utilizzare preferibilmente pestelli pneumatici, per evitare di arrecare danni alla condotta stessa. In ogni caso si debbono utilizzare con prudenza mezzi meccanici pesanti.

Il rilevato realizzato e costipato intorno alla struttura dopo la sua posa in opera deve estendersi per almeno tre volte il diametro o la luce della condotta; il terreno impiegato tale rilevato deve normalmente essere costituito dal materiale adottato per la realizzazione dello stesso corpo stradale.

Si deve inoltre evitare il passaggio dei mezzi di cantiere sulla condotta senza un ricoprimento della struttura che assicuri un'adeguata ripartizione del carico al fine di non generare, nel manufatto, sollecitazioni superiori a quelle previste dal calcolo.

Controlli

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, deve presentare alla Direzione Lavori i certificati rilasciati dal Produttore che attestino la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle prescrizioni progettuali.

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 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.

8.4 - PROTEZIONE DEL CORPO STRADALE

Per la protezione del corpo stradale e per migliorare la stabilità delle scarpate si possono impiegare muri a gabbioni, materassi flessibili a tasche o mantellate in C.A.V..

8.4.1 - GABBIONI METALLICI

I muri a gabbioni possono essere realizzati per qualsiasi altezza e sono costituiti da gabbioni metallici di qualsiasi tipo e dimensione. Se necessario può essere posto in opera a terga uno strato filtrante in geotessile per evitare la riduzione della capacità drenante dovuta a possibili intasamenti da parti fini limo-argillose.

Gabbioni

I gabbioni devono essere fabbricati con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale, in accordo con le UNI 8018. La maglia deve essere tessuta con trafilato di ferro (conforme alle UNI 3598 per le caratteristiche meccaniche e UNI 10218 per le tolleranze sui diametri) avente carico di rottura compreso fra 38 e 50 Kg/mm² e allungamento minimo pari al 12%, a forte zincatura conforme a quanto previsto dalla Circolare del Consiglio Superiore LL.PP. n. 2078 del 27.8.1962, con un quantitativo minimo di zinco variabile fra 240 e 275 g/m² in funzione dei diametri del filo. La rete deve avere maglie uniformi ed il perimetro rinforzato. Il filo da impiegarsi nelle cuciture e per i tiranti deve possedere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi sono costituiti acciaio a forte zincatura con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 kg/mq.

I diametri dei fili e le caratteristiche fisico-meccaniche della rete (ASTM A-975-97) sono riportati in **Tabella 8.2**:

Tabella 8.2							
Maglia	Diametro filo della rete	Diametro filo di rinforzo	Diametro filo per cuciture e tiranti	Resistenza longitudinale alla torsione	Resistenza Perpendicolare alla torsione	Resistenza stringitura	Resistenza al punzonamento
mm	mm	mm	mm	kN/m	kN/m	kN/m	kN
6 x 8	2.7	3.4	2.2	46	20	17	23
8 x 10	2.7	3.4	2.2	42	20	17	23
8 x 10	3.0	3.9	2.4	51	26	20	26

Il filo da impiegare nelle cuciture deve avere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e comunque non deve avere diametro inferiore a 2,20 mm. Le cuciture devono essere tali da creare la struttura monolitica ed assicurare la sua massima resistenza in funzione delle caratteristiche delle singole opere. Le cuciture più importanti normalmente devono essere effettuate passando un filo continuo dentro ogni maglia e con un doppio giro ogni 25-30 cm.

Per gabbioni in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, deve essere rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0.4-0.6 mm.

Pietrame di riempimento

Il materiale da usarsi per il riempimento dei gabbioni può essere costituito da ciottoli di fiume o pietrame di cava, di composizione compatta, sufficientemente duro, con peso specifico non inferiore a 2000 Kg/m³, non friabile, né gelivo e di dimensioni comprese fra il 100 ed il 150% della maggiore dimensione della maglia della rete e con assortimento tale da realizzare il maggior costipamento possibile. Non può impiegarsi pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera viene a contatto.

Il pietrame deve essere assestato dentro l'elemento in modo da avere il minor numero di vuoti possibile, ma senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento e le facce in vista devono essere lavorate con le stesse modalità della muratura a secco (l'indice di porosità del gabbione deve essere compreso tra 0.3 e 0.4).

Posa in opera Preliminarmente l'impresa deve procedere alla regolarizzazione del piano di posa, quindi al posizionamento degli elementi collegandoli tra loro mediante cuciture.

Le operazioni di preparazione e assemblaggio dei singoli elementi, nonché l'unione degli elementi contigui mediante legature fatte con l'apposito filo di cucitura, o con punti metallici, devono essere tali da creare una struttura continua e collaborante.

Durante il riempimento devono essere posti in opera i previsti tiranti, costituiti da un unico spezzone di filo avente le stesse caratteristiche di quello usato per le cuciture, fissato alla rete di pareti adiacenti od opposte dell'elemento. La chiusura degli elementi deve effettuarsi mediante cuciture, come indicato in precedenza. Dopo la chiusura degli elementi, la rete delle pareti e del coperchio deve risultare ben tesa e con i filoni dei bordi tra di loro a contatto, evitando attorcigliamenti.

Controlli L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, deve presentare alla Direzione Lavori per ogni partita ricevuta in cantiere i certificati rilasciati dal Produttore dei gabbioni metallici che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle caratteristiche indicate nel progetto.

L'Impresa deve altresì fornire per il pietrame di riempimento dei gabbioni, certificati che attestino le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale e le cave di provenienza. 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).

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo sui materiali da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

8.4.2 - MATERASSI FLESSIBILI A TASCHE

I materassi flessibili a tasche si utilizzano per migliorare la stabilità del corpo stradale disponendoli al piede delle scarpate.

Materassi I materassi possono essere realizzati con diversi spessori (**Tabella 8.3**) e devono essere costituiti con rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale, in accordo con le UNI 8018. Tale rete deve avere un carico di rottura compreso fra 38 e 50 kg/mm² e allungamento minimo pari al 12%, deve essere tessuta con trafilato di ferro (conforme alle UNI 3598 per le caratteristiche meccaniche e UNI 10218 per le tolleranze sui diametri) a forte zincatura (Circolare del Consiglio Superiore LLPP n. 2078 del 27.8.62) con un quantitativo minimo di zinco variabile fra 240 e 275 g/mq in funzione dei diametri del filo. La rete deve avere maglie uniformi e perimetro rinforzato con filo del diametro riportato in **Tabella 8.3**. Il filo da impiegarsi nelle cuciture e per i tiranti deve possedere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete e deve avere un diametro pari a 2,20 mm. Nel caso di utilizzo di punti metallici meccanizzati per le operazioni di legatura, questi devono essere costituiti sempre in acciaio rivestito con diametro 3,00 mm e carico di rottura minimo pari a 170 Kg/mq. I diaframmi intermedi saranno costituiti da raddoppio di rete metallica che costituisce, senza soluzione di continuità, base e diaframmi e pareti laterali della struttura.

Tabella 8.3			
Spessore cm	Maglia mm	Diametro filo della rete	Diametro del filo dirinforzo mm
15	5 x 7	2.0	2.4
17	6 x 8	2.2	2.7
20	5 x 7	2.0	2.4
23	6 x 8	2.2	2.7
25	5 x 7	2.0	2.4
30	6 x 8	2.2	2.7

La rete metallica costituente i materassi deve rispettare, conformemente alla normativa ASTM A-975-97, le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche minime:

- resistenza longitudinale alla torsione	kN/m	33
- resistenza perpendicolare alla torsione	kN/m	13
- resistenza in corrispondenza della stringitura	kN/m	10
- resistenza al punzonamento	kN	17

Per materassi in ambiente marino, oppure in ambienti particolarmente inquinati il filo zincato, prima di essere tessuto, deve essere rivestito per estrusione con una guaina continua in PVC di spessore 0.4-0.6 mm.

Pietrame di
riempimento

Il materiale da usarsi per il riempimento dei materassi può essere costituito da ciottoli di fiume o pietrame di cava, di composizione compatta, sufficientemente duro, con peso specifico non inferiore a 2000 Kg/m³, non friabile, né gelivo e di dimensioni comprese fra il 100 ed il 150% della maggiore dimensione della maglia della rete e con assortimento tale da realizzare il maggior costipamento possibile. Non può impiegarsi pietrame alterabile dall'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua con cui l'opera viene a contatto.

Il pietrame deve essere assestato dentro l'elemento in modo da avere il minor numero di vuoti possibile, ma senza provocare lo sfiancamento delle pareti dell'elemento e le facce in vista devono essere lavorate con le stesse modalità della muratura a secco (l'indice di porosità deve essere compreso tra 0.3 e 0.4).

Posa in opera

Le operazioni di preparazione ed assemblaggio dei singoli elementi, nonché l'unione degli elementi contigui mediante legature fatte con l'apposito filo di cucitura o con punti metallici, devono essere tali da creare una struttura continua e monolitica.

Preliminarmente l'impresa deve procedere alla regolarizzazione del piano di posa. Normalmente le scarpate di appoggio sono inclinate di 1:1,5 o di 1:2 secondo la natura del terreno, tenendo la pendenza massima in casi di terre vegetali di media consistenza e la minima con quelle argillose.

Prima della posa in opera il singolo materasso deve allestirsi effettuando le sole legature di unione fra i diaframmi ed i lembi laterali del telo base che costituiscono le pareti dell'elemento.

È preferibile che i singoli elementi di materasso siano allestiti fuori opera, anche quando la scarpata sulla quale si debba eseguire il rivestimento non sia molto inclinata, e ciò per maggiore comodità e per non danneggiare il terreno già livellato.

Dopo aver predisposto sul piano cri posa un certo numero di elementi, già assemblati nella loro forma cellulare, si deve procedere a collegati fra di loro con solide cuciture lungo tutti gli spigoli che si vengono a trovare a contatto.

Le legature sono eseguite passando il filo in modo continuo in tutte le maglie, con un doppio giro ogni due maglie, e il collegamento in opera dei materassi deve essere eseguito ad elementi vuoti per rendere più facile tale operazione.

Qualora i materassi fossero senza diaframmi, prima di procedere al riempimento, all'interno devono essere apposti dei tiranti tra parti opposte.

Ultimate tali operazioni si procede alla chiusura degli elementi utilizzando il singolo coperchio, oppure rete in rotoli ed effettuando le dovute legature di unione sia lungo i bordi laterali che lungo quelli dei diaframmi interni.

Controlli

L'Impresa, prima dell'inizio dei lavori, deve presentare alla Direzione Lavori per ogni partita ricevuta in cantiere i certificati rilasciati dal Produttore dei materassi metallici che attestino i quantitativi acquistati dall'Impresa e la rispondenza del materiale ai requisiti sopra indicati ed alle caratteristiche indicate nel progetto.

L'Impresa deve altresì fornire per il pietrame di riempimento dei materassi, certificati che attestino le caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale e le cave di provenienza. 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).

La Direzione Lavori può comunque ordinare delle prove di controllo sui materiali da effettuarsi presso laboratori di prova riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

8.4.3 - MANTELLATE DI RIVESTIMENTO SCARPATE IN C.A.V.

Nel caso in cui occorra proteggere le scarpate del corpo stradale, si possono utilizzare mantellate di rivestimento in elementi prefabbricati in C.A.V.

Gli elementi prefabbricati devono essere in conglomerato cementizio vibrato con $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$ con dimensioni e forma indicate nel progetto, affiancati in modo da ottenere giunti ricorrenti aperti verso l'alto dove deve essere inserita, se prevista, l'armatura di acciaio.

Gli elementi devono essere confezionati con stampi metallici levigati affinché la superficie in vista delle lastre risulti liscia e piana e gli spigoli vivi.

I bordi devono essere sagomati in modo da formare un giunto aperto su tutto il perimetro. L'armatura metallica incorporata nella mantellata deve essere composta da barre tonde di acciaio del tipo Fe B 44K del diametro \geq di 6 mm, disposte nei giunti longitudinali e trasversali ed annegate nella malta di sigillatura nei giunti stessi.

Posa in opera

Gli elementi devono essere posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che possono compromettere la resistenza della struttura. I giunti devono essere stuccati con malta dosata a 400 Kg/mc di cemento normale.

La posa in opera comprende la regolarizzazione del piano di posa, la fornitura degli elementi prefabbricati, la sigillatura dei giunti con malta cementizia e quanto altro necessario per dare i lavori finiti.

Controlli

Per gli elementi prefabbricati in C.A.V. 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.

9 - Opere in verde

Comprendono interventi con tecniche di ingegneria naturalistica raggruppabili nelle categorie funzionali:

- opere di semina e rivestimento;
- interventi stabilizzanti;
- lavori di consolidamento;
- barriere e muri vegetativi.

Si tratta di un settore specifico in continua evoluzione tecnologica di cui si richiamano gli argomenti di più diffusa applicazione al settore stradale. Conseguentemente fanno parte integrante del presente Capitolato tutti gli specifici elaborati di progetto relativi alle opere in verde, comprese le relazioni illustrative.

9.1 – MATERIALI COSTITUENTI

Terreno vegetale:

Il materiale da impiegarsi per il rivestimento delle scarpate di rilevato, per la formazione delle banchine laterali per il ricarico, la livellazione e la ripresa di aree comunque destinate a verde, dovrà essere terreno vegetale, proveniente da scotico di terreno a destinazione agraria, da prelevarsi fino alla profondità massima di 1,00 m.

Qualora il prelevamento della terra venga fatto da terreni naturali non coltivati, la profondità sarà limitata al primo strato di suolo esplorato dalle radici delle specie a portamento erbaceo (di norma non superiore a 0,50 m) ossia a quello spessore ove la presenza di humus e le caratteristiche fisico-microbiologiche del terreno permettono la normale vita dei vegetali.

Il terreno vegetale dovrà essere a reazione neutra, risultare sufficientemente dotato di sostanza organica e di elementi nutritivi, di medio impasto e comunque adatto a ricevere una coltura erbacea od arbustiva permanente: esso dovrà risultare privo di ciottoli, detriti, radici ed erbe infestanti.

Materiale vegetale:

E' costituito da piante esemplari (alberi, arbusti e cespugli di grandi dimensioni, nell'ambito della propria specie con particolare valore ornamentale per forma e portamento) e da piante con particolari caratteristiche di crescita o ambientali.

Nel raggruppamento così definito vengono incluse le seguenti piante:

- tappezzanti;
- rampicanti, sarmentose e ricadenti;
- erbacee: annuali, biennali, perenni;
- bulbose, tuberose, rizomatose;
- acquatiche e palustri.

Concimi:

Possono essere di tipo ammendante, e cioè costituiti da sostanze sotto forma di composti naturali o di sintesi in grado di modificare le caratteristiche fisiche del terreno; oppure di tipo correttivo, e cioè costituite da prodotti chimici, minerali, organici o biologici capaci di modificare le caratteristiche chimiche del terreno.

Sementi:

Di ottima qualità e rispondenti esattamente a genere e specie richiesta, sempre nelle confezioni originali sigillate munite di certificato di identità ed autenticità con l'indicazione del grado di purezza

e di germinabilità e della data di scadenza stabiliti dalle leggi vigenti sulla certificazione E.N.S.E. (Ente Nazionale Sementi Eletti).

Per evitare che possano alterarsi o deteriorarsi, le sementi devono essere immagazzinate in locali freschi, ben aerati e privi di umidità.

L'eventuale mescolanza delle sementi di diverse specie secondo le percentuali indicate in progetto, se non già disponibile in commercio, dovrà essere effettuata con ogni cura.

Prodotti di pacciamatura:

Di origine naturale o di sintesi, sono destinati alla copertura del terreno per varie finalità operative, quali il controllo della evapotraspirazione, la limitazione della crescita di essenze infestanti, la protezione da sbalzi termici.

9.2 – CARATTERISTICHE TECNICHE

I tappeti erbosi dovranno avere caratteristiche rispondenti al progetto e garantire la conformità al momento della ultimazione dei lavori, salvo quanto diversamente specificato dal progetto stesso.

Gli impianti irrigui devono assolvere alle specifiche funzioni previste dagli elaborati di progetto secondo le preventive valutazioni rese necessarie alla loro progettazione; la funzionalità e l'efficacia dovranno rispettare le norme vigenti in materia di sicurezza.

I concimi minerali, organici, misti e complessi devono avere titolo dichiarato secondo le vigenti disposizioni di legge ed essere forniti nell'involucro originale della fabbrica, fatte esclusioni per i letami, per i quali deve essere valutata di volta in volta la qualità e la provenienza.

I fitofarmaci devono essere rispondenti alle normative vigenti, emesse dal Ministero della Sanità.

Il materiale vegetale deve provenire da ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18.6.1931 e 22.5.1973 n. 269 e successive modificazioni e integrazioni. L'impresa deve dichiararne la provenienza con relativa certificazione varietale e fitosanitaria alla Direzione Lavori.

L'Impresa sotto la sua piena responsabilità può utilizzare piante non provenienti da vivaio e/o di particolare valore estetico unicamente se indicate in progetto e/o accettate dalla Direzione Lavori. In particolare l'Impresa deve aver cura che le zolle e le radici delle piante che non possano essere immediatamente messe a dimora non subiscano ustioni e mantengano il tenore di umidità adeguato alla loro buona conservazione.

Gli alberi devono presentare portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste dal progetto e tipici della specie, della varietà e della età al momento della loro messa a dimora e devono essere stati specificatamente allevati per il tipo di impiego previsto (es. alberate stradali, filari, esemplari isolati o gruppi, ecc..).

Gli alberi devono corrispondere alle richieste del progetto secondo quanto segue:

- altezza dell'albero: distanza che intercorre fra il colletto e il punto più alto della chioma;
- altezza di impalcatura: distanza intercorrente fra il colletto e il punto di inserzione al fusto della branca principale più vicina;
- circonferenza del fusto: misurata a un metro dal colletto;
- diametro della chioma: dimensione rilevata in corrispondenza della prima impalcatura per le conifere, a due terzi dell'altezza totale per tutti gli altri alberi;
- caratteristiche di fornitura: a radice nuda, in contenitore, in zolla.

Le piante con particolari caratteristiche di crescita o assimilabili devono rispondere alle specifiche indicate in progetto per quanto attiene tipo, specie, caratteristiche vegetative e di fornitura.

Gli arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, non devono avere portamento "filato", devono ri-

spondere alle specifiche indicate in progetto per quanto riguarda altezza, numero delle ramificazioni, diametro della chioma.

L'altezza totale deve essere rilevata analogamente a quella degli alberi. Il diametro della chioma deve essere rilevato alla sua massima ampiezza.

Tutti gli arbusti e i cespugli devono essere forniti in contenitori, in zolla o a radice nuda.

Quando, per esigenze di sistemazione fosse richiesto il rapido inerbimento delle superfici a prato (pronto effetto) o la costituzione del tappeto erboso per propagazione di essenze prative stolonifere, l'Impresa deve fornire piante, zolle e/o strisce erbose costituite con le specie prative richieste nelle specifiche di progetto (es. cotica naturale, miscuglio di graminacee e leguminose, prato monospecie, ecc.).

Prima di procedere alla fornitura l'impresa deve sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori campioni del materiale che intende fornire; analogamente, nel caso fosse richiesta la cotica naturale, l'Impresa deve prelevare le zolle soltanto da luoghi approvati dalla Direzione Lavori.

L'acqua da utilizzare per l'annaffiamento e la manutenzione non deve contenere sostanze inquinanti e sali nocivi oltre i limiti di tolleranza di fitotossicità relativa.

9.3 – MODALITA' ESECUTIVE

Le operazioni devono seguire rigorosamente l'ordine imposto in progetto o definito dalla Direzione Lavori in quanto trattasi di interventi da realizzare in rigoroso ordine cronologico predeterminato.

Pulizia del terreno

Qualora il terreno all'atto della consegna non fosse idoneo alla realizzazione dell'opera, i preliminari lavori di pulitura del terreno devono essere eseguiti in accordo con la Direzione Lavori.

L'impresa prima di procedere alla lavorazione del terreno, deve provvedere come da progetto all'abbattimento delle piante da non conservare, al decespugliamento, alla eliminazione delle specie infestanti, all'estirpazione delle ceppaie e allo spietramento superficiale. Queste operazioni saranno da computarsi in base all'Elenco prezzi.

Tutte le lavorazioni saranno eseguite nei periodi idonei, con il terreno in tempera, evitando di danneggiare la struttura e di formare suole di lavorazione.

Drenaggi

Successivamente ai movimenti di terra e alle lavorazioni del terreno, l'impresa dovrà preparare, sulla scorta degli elaborati progettuali e delle indicazioni della Direzione Lavori, gli scavi necessari alla installazione degli eventuali sistemi di drenaggio e delle opere a rete e le trincee per alloggiare le tubazioni e i cavi degli impianti tecnici (es. irrigazione, illuminazione, ecc..), le cui linee debbano seguire percorsi sotterranei.

Correzione

Dopo aver effettuato la lavorazione, l'impresa dovrà incorporare nel terreno tutte le sostanze eventualmente necessari ad ottenere la correzione, l'ammendamento e la concimazione di fondo nonché somministrare gli eventuali fitofarmaci e/o diserbanti. La delimitazione delle aree da rivestire con manto vegetale o da impegnare con opere a verde e la tipologia di intervento vengono determinate quando le superfici sono pronte per essere sistemate a verde.

Non è consentita la modifica dei piani inclinati degli scavi e dei rilevati che, al collaudo, devono risultare perfettamente regolari.

Particolare cura deve essere posta per la conservazione, lo spostamento ed il recupero delle piante esistenti nella zona, preservando gli strati fertili del suolo sull'area del cantiere.

Devono essere preliminarmente eseguite, con terreno agrario, le eventuali riprese di erosione, profilando le stesse con l'inclinazione fissata dalle modine delle scarpate.

Devono essere individuate le fonti di approvvigionamento di acqua.

Tracciamenti

Prima di procedere alle operazioni successive, l'impresa deve ottenere l'approvazione della Direzione Lavori che verifichi la rispondenza agli elaborati di progetto ed alle indicazioni impartite.

Le buche ed i fossi per la piantagione delle specie vegetali dovranno avere le dimensioni più ampie possibili in rapporto alla grandezza delle piante da mettere a dimora.

Terra da

coltivo Prima di effettuare qualsiasi impianto o semina, l'impresa in accordo con gli elaborati di progetto e con la Direzione Lavori, dovrà verificare che il terreno in sito sia adatto alla piantagione: in caso contrario dovrà apportare terra di coltivo in quantità sufficiente a formare uno strato di spessore adeguato per i prati, e a riempire totalmente le buche e i fossi per gli alberi e gli arbusti.

Dopo aver eseguito le operazioni di pulizia delle terre, le lavorazioni preliminari e gli eventuali movimenti ed apporti di terra, l'impresa dovrà livellare e rastrellare il terreno secondo le indicazioni di progetto per eliminare ogni ondulazione, buca o avvallamento.

Messa a dimora La messa a dimora del materiale vegetale dovrà, avvenire in relazione alle quote definite dagli elaborati di progetto, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto né risultino, una volta assestatosi il terreno, internate oltre il livello del colletto.
La messa a dimora delle piante acquatiche e palustri aspetterà le caratteristiche esigenze della specie e varietà secondo quanto definito negli elaborati di progetto e dalle eventuali indicazioni della Direzione Lavori.

Prati Nella formazione dei vari tipi di prati sono compresi tutti gli oneri relativi alla preparazione del terreno, alla semina o alla piantagione e alle irrigazioni.
Le sementi impiegate nella esecuzione dei manti erbosi, siano esse pure o in miscuglio, devono presentare i requisiti legge richiesti in purezza e germinabilità, od essere fornite in contenitori sigillati ed accompagnate dalle certificazioni ENSE.
La formazione dei prati dovrà aver luogo dopo la messa a dimora di tutte le piante (in particolare modo di quelle arboree e arbustive) previste in progetto e dopo la esecuzione degli impianti tecnici delle eventuali opere murarie, delle attrezzature e degli arredi.
Terminate le operazioni di semina o piantagione, il terreno deve essere immediatamente irrigato.
Dopo la preparazione del terreno, l'area sarà seminata con uniformità secondo le indicazioni degli elaborati di progetto o della Direzione Lavori ed eventualmente lavorata a seconda del tipo di manto erboso da realizzare.
La formazione di tappeti erbosi con il metodo della propagazione comprende tutte le operazioni di preparazione agraria del terreno, la divisione delle zolle di specie erbacee stolonifere o rizomatose e le cure colturali, irrigazione compresa, previste negli elaborati di progetto.

Suoli nudi Le operazioni da eseguire per la semina effettuata su suolo non rivestito di terra di coltivo comprendono tutte le seguenti operazioni:

- eliminazione di sassi, radici, elementi dannosi o d'intralcio;
- fresatura;
- apporto di correttivi;
- apporto di fertilizzanti;
- esecuzioni della semina;
- apporto di prodotti di fissaggio;
- apporto di prodotti di protezione.

L'impresa eseguirà tutte quelle operazioni previste dagli elaborati di progetto o indicati dalla Direzione Lavori.

Zolle erbose La formazione di manti erbosi con zolle precoltivate comprende tutti i lavori di preparazione agraria del substrato d'impianto, la messa a dimora delle zolle erbose e le lavorazioni successive, compresa l'irrigazione, che ne favoriscano l'attecchimento, secondo quanto previsto dagli elaborati di progetto.

Nel caso debbano essere collocate su terreni in pendio o su scarpate, le zolle erbose dovranno essere anche adeguatamente fissate al suolo come da prescrizione di progetto o da indicazioni della Direzione Lavori.

Gli inerbimenti e le piantagioni delle scarpate e dei terreni in pendio comprendono tutte le lavorazioni del terreno e le operazioni di semina o piantagione con specie caratterizzate da un potente

apparato radicale e adatto a formare una stabile copertura vegetale secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto.

Protezioni Nelle zone dove potrebbero verificarsi danni causati da animali domestici o selvatici oppure dal transito di persone e automezzi, l'impresa dovrà proteggere, singolarmente o in gruppo, le piante messe a dimora con opportuni ripari (es. reti metalliche, protezioni in ferro o in legno, griglie, ecc..) e/o sostanze repellenti previste dagli elaborati di progetto o precedentemente concordati ed approvati dalla Direzione Lavori.

Se è previsto dal progetto, alcuni tipi di piante (tappezzanti, piccoli arbusti, ecc..) dovranno essere protette dai danni della pioggia battente, dalla essiccazione e dallo sviluppo di erbe infestanti per mezzo di pacciame (paglia, foglie secche, segatura, cippatura di ramaglia e di corteccia di conifera, ecc..) od altro analogo materiale precedentemente approvato dalla Direzione Lavori.

9.4 – AVVIAMENTO ALL'ESERCIZIO

Le obbligazioni contrattuali dell'impresa non si esauriscono con la messa a dimora delle essenze prative, arbustive e arboree, ma richiedono un ulteriore periodo di interventi finalizzati ad un completo attecchimento delle varie specie vegetali.

Garanzia La durata della garanzia di mantenimento viene inserita nelle previsioni di progetto o di appalto; oppure, in difetto di indicazioni progettuali, verrà definita dalla Direzione Lavori in rapporto alla specifica tipologia dell'opera.

Il tempo di garanzia dopo il termine dei lavori di messa a dimora non può essere inferiore al periodo necessario per la prima vegetazione dopo l'installazione delle essenze.

Manutenzione Durante il periodo di concordato garanzia l'impresa dovrà procedere, anche per le eventuali piante preesistenti, interventi programmati di manutenzione comprendenti le seguenti operazioni:

- irrigazione;
- ripristino conche e rinalzo;
- falciatura, diserbi e sarchiature;
- concimazioni;
- potature;
- eliminazione e sostituzione delle piante morte;
- rinnovo delle parti difettose dei tappeti erbosi;
- difesa della vegetazione infestante;
- sistemazione dei danni causati da erosione;
- ripristino della verticalità delle piante;
- controllo dei parassiti e delle fitopatie in genere.

La manutenzione delle opere dovrà aver inizio immediatamente dopo la messa a dimora (o la semina) di ogni singola pianta e di ogni parte di tappeto erboso, e dovrà continuare fino alla scadenza del periodo di garanzia concordato.

Irrigazione L'impresa è tenuta ad irrigare tutte le piante messe a dimora e i tappeti erbosi realizzati per il periodo di garanzia concordato.
Le conche di irrigazione eseguite durante i lavori di impianto devono essere, se necessario, ripristinate.

A seconda dell'andamento stagionale, delle zone climatiche e delle caratteristiche di specie, l'impresa provvederà alla chiusura delle conche e al rinalzo delle piante, oppure alla riapertura delle conche per l'innaffiamento.

Falciatura Oltre alle cure colturali normalmente richieste, l'Impresa deve provvedere, durante lo sviluppo delle specie prative e quando necessario, alle varie falciature del tappeto erboso.
L'eventuale impiego di diserbanti chimici deve attenersi alle normative vigenti.
Le superfici di impianto interessate da alberi, arbusti e cespugli perenni, biennali, annuali, ecc. e le conche degli alberi devono essere oggetto di sarchiature periodiche.

Le concimazioni devono essere effettuate nel numero e nelle quantità stabilite dal piano di concimazione.

Le potature di formazione e di rimanda devono essere effettuate nel rispetto delle caratteristiche delle singole specie.

Piante morte Le eventuali piante morte devono essere sostituite con altre identiche a quelle fornite in origine; la sostituzione deve, in rapporto all'andamento stagionale, essere inderogabilmente effettuata nel più breve tempo possibile dall'accertamento del mancato attecchimento.

E' obbligo dell'Impresa dover riseminare o piantare ogni superficie a tappeto erboso che presenti una crescita irregolare, difettosa, che non rientri nei limiti di tolleranza previsti per la qualità dei prati.

Durante l'operazione di manutenzione l'Impresa deve estirpare, salvo diversi accordi con la Direzione Lavori, le specie infestanti e reintegrare lo stato di pacchiamo, quando previsto dal progetto.

9.5 – CONTROLLI PRESTAZIONALI

I controlli finali si differenziano in funzione del tipo di opera a verde, pur essendo comunemente rivolti ad accertare l'attecchimento al 100% di tutte le specie vegetali: tappeti erbosi, arbusti, alberi.

Attecchimento L'attecchimento si intende avvenuto quando, al termine di 90 giorni a decorrere dall'inizio della prima vegetazione successiva alla dimora, le piante si presentino sane ed in buono stato vegetativo.

Dopo il termine suindicato la Direzione Lavori, in contraddittorio con l'Impresa, procederà alla analitica rilevazione di stato delle opere in verde; soltanto in caso di verifica di completo attecchimento la Direzione Lavori potrà disporre lo sblocco delle garanzie contrattuali prestate dall'impresa. In casi controversi la Direzione Lavori potrà imporre all'impresa di ampliare, senza alcun compenso aggiuntivo, il periodo di garanzia e la contestuale attività manutentoria per un ulteriore ciclo vegetativo.

Dopo 90 giorni dall'inizio della seconda vegetazione successiva alla dimora la Direzione Lavori procederà, sempre in contraddittorio con l'Impresa, alla verifica finale di attecchimento. In tale seconda occasione la Direzione Lavori dovrà decidere in via definitiva se accettare l'opera a verde o applicare motivate detrazioni.

Le garanzie prestate dall'impresa vanno conseguentemente sbloccate, in tutto o in parte, dopo la verifica al secondo ciclo vegetativo, che viene quindi a costituire il limite temporale ultimo di accettazione o ripulsa delle forniture e dei lavori.

Controlli Fino alla ultimazione delle verifiche rituali di attecchimento l'impresa dovrà proseguire l'azione manutentoria mediante i seguenti adempimenti primari:

- dovrà provvedere alla sistemazione dei danni causati da erosione per difetto di esecuzione degli interventi di sua specifica competenza e quindi non dovuti a danni di forza maggiore;
- è tenuta al ripristino della verticalità e degli ancoraggi delle piante qualora se ne riconosca la necessità;
- dovrà controllare le manifestazioni patologiche sulla vegetazione delle superfici sistemate provvedendo alla tempestiva eliminazione del fenomeno patogeno onde evitarne la diffusione e rimediare ai danni accertati.

L'impresa cesserà dalle suindicate obbligazioni soltanto dopo l'emissione degli atti di verifica finale di attecchimento.

10 – Barriere stradali

Generalità

Le barriere di sicurezza in acciaio verranno installate lungo tratti saltuari dei cigli della piattaforma stradale, nonché lungo lo spartitraffico centrale delle strade a doppia sede o delle australi secondo le disposizioni che impartirà la D.L.. I parapetti metallici verranno installati in corrispondenza dei bordi dei manufatti.

La D.L. potrà ordinare tutti gli accorgimenti esecutivi per assicurare un'adeguata collocazione dei sostegni in terreni di scarsa consistenza prevedendone anche l'infittimento locale.

In casi speciali, con l'approvazione della D.L. i sostegni potranno essere ancorati al terreno per mezzo di un basamento in calcestruzzo. Le caratteristiche dimensionali e la resistenza dei calcestruzzi saranno determinate dall'Appaltatore e sottoposte all'approvazione della D.L.

Le strutture da collocare nell'aiuola spartitraffico saranno costituite da una o più file di barriere ancorate ai sostegni.

Restano ferme per tali barriere tutte le caratteristiche fissate per le barriere laterali, con l'avvertenza di adottare particolare cura per i pezzi terminali di chiusura e di collegamento delle due fasce.

Ad interasse non superiore a quello corrispondente a tre fasce dovrà essere eseguita l'installazione di dispositivi rifrangenti del tipo omologato, aventi area non inferiore a cmq 50, disposti in modo che le loro superfici risultino pressochè normali all'asse stradale.

Le barriere da collocarsi lungo la sede stradale dovranno possedere le caratteristiche prestazionali di cui al D.M. LL.PP. del 11.06.1999, in aggiornamento al D.M. n. 223 del 18.02.1992, D.M. LL.PP. del 03.06.1998, nonché alla Circolare Ministero LL.PP. n.233/87, alla Circolare ANAS – Direzione Centrale Tecnica – 52/92 ed alla Circolare Ministero LL.PP. n. 2595/95.

A) CARATTERISTICHE DI RESISTENZA AGLI URTI

Le barriere, nel caso di nuovo impianto, o comunque significativi interventi, dovranno avere caratteristiche di resistenza almeno pari a quelle richieste dal D.M. LL.PP. 11.06.1999, D.M. LL.PP. del 03.06.1998 tabella A) per il tipo di strada, di traffico, ubicazione della barriera stessa.

Le caratteristiche predette saranno verificate dalla D.L. sulla base dei "Certificati di omologazione" esibiti dall'Appaltatore ed ottenuti in base ai disposti del D.M. del 11.06.1999, del D.M. del 03.06.1998, ovvero, nel caso di non avvenuta omologazione e/o nelle more del rilascio di essa l'appaltatore dovrà fornire alla D.L.: un' idonea documentazione dalla quale risulti che ognuna delle strutture da impiegare nel lavoro ha superato con esito positivo le prove dal vero (crash test) effettuate presso i campi prove autorizzati come da Circolare del Ministero LL.PP. del 06.04.2000.

La predetta documentazione dovrà essere consegnata alla D.L. all'atto della consegna dei lavori.

I materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere ai requisiti di seguito prefissati:

a) materiali metallici in genere: saranno esenti da scorie, soffiature e da qualsiasi altro difetto; gli acciai per c.a., c.a.p. e carpenteria metallica dovranno soddisfare ai requisiti stabiliti dalle Norme Tecniche emanate con D.M. 14.02.1992 in applicazione dell'art.21 della legge 05.11.1971 n. 1086; tutti gli elementi metallici costituenti la barriera devono essere in acciaio di qualità non inferiore a S235JR secondo EN 10025, la bulloneria secondo la norma UNI 3740, il tutto zincato a caldo nel rispetto della norma UNI EN ISO 1461. Nel caso di forniture di barriere di sicurezza corredate da certificazioni di prove dal vero, la classe della bulloneria e le caratteristiche dimensionali di tutti i singoli componenti saranno quelle indicate nei disegni allegati ai certificati medesimi;

b) barriere metalliche: avranno i seguenti requisiti:

10.1- ACCIAIO IMPIEGATO

Le qualità da utilizzare dovranno essere conformi a quelle previste dai certificati di omologazione o dai rapporti di prove di urto al vero, sia per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche sia per quelle chimiche. L'acciaio dovrà inoltre essere zincabile.

10.2 - TOLLERANZE DI SPESSORE

Le tolleranze di spessore ammesse sono quelle della norma EN 10051/91.

10.3.- COLLAUDI E DOCUMENTI TECNICI

La qualità delle materie prime deve essere certificata dai relativi produttori o da Enti o laboratori Ufficiali di cui all'art. 20 – L.1086/71 o autorizzati con Decreto del Ministero dei Lavori pubblici. Tutte le barriere dovranno essere identificabili con il nome del produttore. Se omologate, dovranno riportare la classe di appartenenza e la sigla di omologazione, nel tipo e numero progressivo.

10.4 - BARRIERE DI SICUREZZA A DOPPIA ONDA

La barriera è costituita da una serie di sostegni in profilato metallico, da una o più fasce orizzontali metalliche sagomate a doppia onda, con l'interposizione di opportuni elementi distanziatori o travi di ripartizione.

Le fasce sono costituite da nastri metallici di lunghezza compresa tra 3.00 e 4.00 m muniti all'estremità, di una serie di 9 fori per assicurare l'unione al nastro successivo e al sostegno, aventi spessore minimo di 3.0 mm, altezza effettiva 300 mm sviluppo non inferiore a 475 mm e modulo di resistenza non inferiore a 25 cm³. Le giunzioni, che dovranno avere il loro asse in corrispondenza dei sostegni, devono essere ottenute con sovrapposizione di due nastri per 32 cm, eseguita in modo che nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue.

I montanti metallici dovranno avere caratteristiche dimensionali e forme indicate nelle relative certificazioni. I sostegni verticali potranno essere collegati, nella parte inferiore, da uno o più correnti ferma ruota realizzati in profilo presso piegato di idonee sezioni e di conveniente spessore secondo i vari modelli di barriere certificate.

I distanziatori saranno interposti tra le fasce ed i montanti prevedendone il collegamento tramite bulloneria. Tali sistemi di unione delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo limitati movimenti verticali ed orizzontali. Ogni tratto sarà completato con i relativi terminali, opportunamente sagomati, in materiale del tutto analogo a quello usato per le fasce.

10.5 - BARRIERE DI SICUREZZA A TRIPLA ONDA

La barriera metallica stradale di sicurezza a tre nervature, a dissipazione controllata di energia, è costituita da una o più fasce orizzontali metalliche sagomate a tripla onda fissate ad una serie di sostegni in profilati metallici.

Le fasce metalliche hanno un profilo a tre nervature con sviluppo di 749 mm e altezza di 508 mm, larghezza di 82.5 mm e spessore 2.5 mm oppure 3.00 mm. Sono forate ad interasse di 1500 mm e 2250 o 1333 mm e 2000 mm. Devono essere fissate ai sostegni in modo che il loro bordo superiore si trovi all'altezza indicata nei certificati di prova al vero (crash test). Sono previsti elementi strutturali diversi come travi superiori cave, diagonali interne nel rispetto delle configurazioni e caratteristiche indicate nei documenti e disegni di cui ai certificati di prova (crash test). In particolare le diagonali devono rimanere completamente interne alla sagoma di ingombro trasversale tra fascia e fascia nel caso di barriere spartitraffico e tra fascia e tenditore posteriore nel caso di barriere singole.

Le giunzioni fra le fasce hanno una sovrapposizione di 320 mm in modo che, nel senso di marcia dei veicoli, la fascia che precede sia sovrapposta a quella che segue; la congiunzione tra fasce è realizzata mediante 12 bulloni, più due bulloni di unione tra fascia e distanziatore.

I montanti metallici hanno caratteristiche dimensionali e forme come indicato nelle relative certificazioni.

Tra la fascia metallica ed i montanti sono interposti elementi distanziatori, dissipatori di energia ed elementi di sganciamento. I sostegni sono collegati posteriormente da un tenditore: i sistemi di unione delle fasce ai sostegni debbono consentire la ripresa dell'allineamento sia durante la posa in opera sia in caso di cedimenti del terreno, consentendo limitati movimenti di regolazione verticale ed orizzontale.

Il distanziatore si unisce all'elemento di sganciamento ed al sostegno verticale tramite due bulloni.

I sistemi di unione (bulloni e copriasola) hanno la funzione di impedire che, per effetto di allargamento dei fori possa verificarsi lo sfilamento delle fasce, saranno costituiti da bulloneria a testa tonda e piastrina copriasola antisfilamento.

I sostegni verticali sono collegati nella parte inferiore, da uno o più correnti ferma ruota realizzati in profilo presso piegato di idonee sezioni e di conveniente spessore.

CLASSIFICAZIONE DELLE BARRIERE

La classificazione delle barriere secondo il D.M. 11.06.1999 è la seguente:

Classe N1	Contenimento minimo	Lc = 44 KJ
Classe N2	Contenimento medio	Lc = 82 KJ
Classe H1	Contenimento normale	Lc = 127 KJ
Classe H2	Contenimento elevato	Lc = 288 KJ
Classe H3	Contenimento elevatissimo	Lc = 463 KJ
Classe H4	Contenimento per tratti ad elevatissimo rischio	Lc = 572 KJ – Lc = 724 KJ

TABELLA "A" – CLASSI MINIME DI BARRIERE DA IMPIEGARE IN FUNZIONE DEL TIPO DI STRADA DEL TIPO DI TRAFFICO E DELLA DESTINAZIONE DELLA BARRIERA

TIPO DI STRADA	TRAFFICO	DESCRIZIONE		
		SPARTITRAFFICO A (1)	BORDO LATERALE B	BORDO PONTE C (2)
Autostrada (A) e strade extraurbane princ. (B)	I	H2	H1	H2
	II	H3	H2	H3
	III	H3 – H4 (3)	H2 – H3 (3)	H4
Strada extr. Second. (C)) e strada urb. di scorr. (D)	I	H1	N2	H2
	II	H2	H1	H2
	III	H2	H2	H3
Strada urb. di quart. (E) E strade locali (F)	I	N2	N1	H2
	II	H1	N2	H2
	III	H1	H1	H2

NOTE:

- 1) ove esistente
- 2) valido per opere d'arte con lunghezza superiore a 10 ml
- 3) la scelta della classe sarà determinata dal progettista in funzione della larghezza della barriera, caratteristiche geometriche della strada e percentuale di traffico pesante

11 – Segnaletica

11.1 - REQUISITI DI ACCETTAZIONE E DI STESA DELLE VERNICI

i materiali da utilizzare per la segnaletica orizzontale si classificano nel seguente modo:

- A) pitture a freddo premiscelate con microsfere di vetro;
- B) pitture termoplastiche da applicarsi a spruzzo o per colaggio, premiscelate con microsfere di vetro;
- C) pitture ecologiche.

Per le classi sopraccitate occorre tener conto, ove richiesto dell' applicazione di microsfere di vetro post-spruzzate

al fine di ottenere, dai prodotti vernicianti posti in opera, un maggiore grado di retroriflessione ed una visibilità notturna immediata.

A) PITTURE A FREDDO PREMISCELATE CON MICROSFERE DI VETRO

La pittura deve essere costituita da una miscela di resine e plastificanti, da pigmenti e da materiali riempitivi e da microsfere di vetro;

il tutto disperso in diluenti e solventi idonei.

A. 1) COLORI DELLE PITTURE

B.

- BIANCO: R.A.L. 9016

- GIALLO: R.A.L. 1007

La determinazione del colore è eseguita in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 24 ore: la pittura non

deve contenere alcun elemento colorante organico e non deve scolorire al sole.

A.2) CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE

1 - massa volumica (T = 20° C)	1,6 - 1,9 g/cm ³
2 - residuo non volatile	75 - 85 / 100 g
3 - quantità pigmenti (riferita a 100 g di prodotto esente da microsfere)	35 g/100 g
4 - quantità di TiO ₂ (riferito alla quantità di pigmenti)	30 %
5 - quantità di microsfere premix	40%
6 - quantità di microsfere postspruzzate	200 g / mq

11.2 - METODI PER LE PROVE:

- F.T.M.S. 141a - 4184

- ASTM D - 2832

- F.T.M.S. 141a - 4021

- ASTM D - 1394

A. 3) TEMPO DI ESSICCAZIONE

La pittura applicata sulla superficie stradale, alla temperatura dell'aria compresa tra 10°C e 40°C con umidità relativa non superiore a 70 %, deve asciugarsi entro 15 minuti dall'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo, la pittura, non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli

autoveicoli in transito.

A.4) DOSAGGIO

Le quantità minime di pittura da applicare sono le seguenti:

- interventi di nuovo impianto

1.200 g/mq

- interventi di ripasso

1.000 g/mq

B) PITTURE TERMOPLASTICHE DA APPLICARSI A SPRUZZO O PER ESTRUSIONE PREMISCELATO CON MICROSFERE DI VETRO.

Il materiale termoplastico deve essere costituito da una miscela di resine idrocarburiche sintetiche plastificate con olio minerale, da pigmenti ed aggregati, da microsfere di vetro, da applicare a spruzzo o per estrusione a caldo.

B.1) COLORI DEI MATERIALI

I colori di fornitura delle pitture devono rispondere alle seguenti tinte della scala R.A.L. (registro colori 840 - HR):

- BIANCO: R.A.L. 9016

- GIALLO: R.A.L. 1007

La determinazione del colore è eseguita in laboratorio dopo l'essiccamento della stessa per 24 ore. La pittura non deve contenere alcun elemento colorante organico e non deve scolorire al sole.

B.2) CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

1 - Massa volumetrica (T = 20 °C)	1,8 - 2,1 g/cm ³
2 - Quantità dei pigmenti (riferiti solo al biossido di titanio TiO ₂)	6 % in peso
3 - Quantità di pigmenti olii	20 % in peso
4 - Quantità di leganti (resina - olii)	20 % in peso
5 - Quantità di microsfere premix	20 % in peso
6 - Quantità di microsfere postspruzzate	200 g/mq

METODI PER LE PROVE

- F.T.M.S: 141a - 4184

- ASTM D - 1394

- BS 3262: Part 1 : 1987

B.3) CARATTERISTICHE FISICHE

1 - Punto di rammollimento	=> 80 °C
2 - Punto di infiammabilità	=> 230 °C
3 - Resistenza alle escursioni tecniche	25 °C/+ 80 °C
4 - Grado di resistenza allo SKID TESTER	65 GN

METODI PER LE PROVE

- BS 4692
- ROAD RESEARCH note n° 27 (BS 3262: 1976) append. G

B.4) TEMPO DI ESSICAZIONE

La pittura applicata sulla superficie stradale, alla temperatura dell'aria compresa tra - 10 °C e + 40 °C ed umidità relativa non superiore al 70 %, deve solidificarsi entro trenta secondi per lo spruzzato ed entro 180/240 secondi per l'estruso, dalla applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo la pittura non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Il tempo di essiccamento viene controllato in laboratorio secondo la norma A. S.T. M. D 711 - 55.

B.5) CONDIZIONI APPLICATIVE

In presenza di superfici umide o con umidità relativa superiore al 70%, a discrezione della D.L. l'applicazione della segnaletica deve essere preceduta da una fase di asciugatura della pavimentazione (termoriscaldatura) al fine di garantire una perfetta adesione del prodotto.

B.6) DOSAGGIO

Le quantità minime di pittura da applicare sono le seguenti:

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| - Interventi di nuovo impianto | 2400 g/mq |
| - Interventi di ripasso | 1800 g/mq |

C) VERNICE ECOLOGICA SPARTITRAFFICO

Tale vernice deve essere esente da solventi diluibili in acqua.

La pigmentazione è esente da piombo e cromo e non è sottoposta a classificazione tossicologica.

L'aspetto deve essere omogeneo, esente da grumi e pellicole,

La vernice bianca dovrà contenere quale pigmento il biossido di titanio.

La vernice gialla dovrà contenere quale pigmento giallo organico.

Il peso specifico della vernice bianca deve essere compreso fra 1,4 - 1,5 g/cm³ a + 23 °C.

Il peso specifico della vernice gialla deve essere compreso fra 1,45 - 1,55 g/cm³ a + 23 °C.

Il residuo a secco dovrà essere compreso fra il 70% e 80%.

La presenza di eventuali solventi dovrà essere inferiore al 3%.

Il tempo di essiccazione deve essere inferiore a 40 minuti primi, in condizioni di umidità e temperatura ottimali.

La vernice deve avere una elevata resistenza all'abrasione, un ottimo potere coprente e una buona resistenza ai carburanti e ai lubrificanti.

D) MICROSFERE DI VETRO

Le microsfere incorporate nelle vernici devono presentare le seguenti caratteristiche:

- Le microsfere devono essere in vetro chiaro e trasparente, nel senso che esse non dovranno impartire alcun colore indesiderato sia di giorno che di notte;
- almeno il 90% in peso delle microsfere deve essere privo di difetti di rotondità, di rigonfiamenti e di scarsa rifrangenza;
- gli elementi non trasparenti sono tollerati entro il limite dell'1% sul peso totale delle microsfere;
- l'indice di rifrazione delle microsfere non deve essere inferiore a 1,5 usando, per la determinazione, il metodo di immersione in liquido alla temperatura di +25 °C con sorgente luminosa al tungsteno;
- la granulometria delle microsfere di vetro determinata con setacci della serie A.S.T.M. deve essere la seguente:

-
- 1 - microsfere passanti attraverso il setaccio n° 70 : 100%;
 - 2 - microsfere passanti attraverso il setaccio n° 80 : 85/100%;
 - 3 - microsfere passanti attraverso il setaccio n° 140 : 15/55%;
 - 4 - microsfere passanti attraverso il setaccio n° 230 : 10%;

La prova si effettua con un campione di 100 g. di microsfere eseguendo la setacciatura a macchina per la durata di 15 min. nell'ordine sopraindicato.

E) VERNICI E ANTIRUGGINE PER LA PITTURAZIONE DELLE SUPERFICI METALLICHE

L'antiruggine deve essere composto di minio di piombo puro in olio di lino tagliato con resine sintetiche per favorire la celere essiccazione. Le percentuali di minio di piombo puro e di fosfato di zinco contenuti nella vernice antiruggine devono essere quelli massimi consentiti dalla legge.

Le caratteristiche anticorrosive e il potere coprente di questo prodotto antiruggine devono essere del tipo elevato.

Lo smalto per i parapetti, mancorrenti e piantane di sostegno deve essere del tipo extrafine ad elevato potere coprente e di colore bianco brillante, garantito per un periodo di almeno due anni.

Nella composizione chimica questo smalto deve avere il 45% di bianco di titanio e il 55% di resina oleosintetica con essiccanti, lo smalto deve essere assolutamente privo di carbonato di calcio oppure composti equivalenti.

Le vernici da usarsi devono essere preventivamente approvate dalla D.L. e pertanto l'impresa dovrà, prima della consegna dei lavori, fornire per ogni vernice che intende usare due campioni di almeno kg 1, specificando la fabbrica e il tipo di vernice.

I campioni sopraccitati, che devono essere di vernici pronte all'uso, saranno, a cura e spesa dell'impresa, sottoposti ad opportune analisi di laboratorio. In base ai risultati di tali analisi si darà o meno il benestare all'uso delle vernici campionate, restando inteso che l'impresa è obbligata a presentare altre marche e tipi finché ne conseguirà la necessaria approvazione delle vernici che intende applicare.

In sede esecutiva, la D.L. , ha la facoltà di prelevare idonei campioni per controllare, se le vernici usate siano quelle effettivamente approvate in precedenza. L'uso di vernici non preventivamente approvate verrà considerato a tutti gli effetti come grave violazione agli obblighi ed alle condizioni contrattuali.

11.2 - NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLA SEGNALETICA

EFFICIENZA E MANUTENZIONE DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE, MISURAZIONE DEI LAVORI ESEGUITI

A spese e cura dell' Impresa la superficie stradale sulla quale dovrà essere stesa la vernice per l'esecuzione della segnaletica orizzontale, deve essere pulita ed asciugata con scope e getti d'aria compressa, in modo che non vi siano residui di sorta.

L'applicazione della vernice, fornita dall' Impresa, deve eseguirsi di preferenza con macchinette a spruzzo od a pennello secondo le prescrizioni della D.L., con l'impiego dei quantitativi di vernice previsti, per ogni categoria di lavoro.

Le qualità delle vernici e la concentrazione della miscela vernice - diluente devono corrispondere a quelle approvate in precedenza dalla D.L., comunque tali da ottenere, con una sola passata, uno strato di segnaletica perfettamente compatto e ben visibile anche a distanza.

Qualora, nonostante la buona esecuzione, le vernici in precedenza sottoposte all'esame della D.L. non dovessero fornire risultati soddisfacenti, l'Impresa è obbligata a cambiare il tipo di vernice secondo le ulteriori prescrizioni della D.L.

L' Impresa, dovrà essere in possesso di tutta l' attrezzatura necessaria per il perfetto tracciamento, esecuzione e riuscita della segnaletica orizzontale.

La formazione della segnaletica orizzontale con vernice dovrà avvenire nel periodo 1 marzo - 31 ottobre di ogni anno.

Per formazione di nuova segnaletica dovuta a nuovi provvedimenti di viabilità o a seguito di riasfaltature, il lavoro potrà essere eseguito in deroga al periodo sopraccitato.

La formazione di segnaletica orizzontale semipermanente con materiale plastico dovrà avvenire soltanto seguendo le modalità di posa previste dalle case produttrici.

La segnaletica eseguita dovrà essere costantemente mantenuta e garantita per un periodo di almeno 180 (centottanta) giorni, contati dal giorno della stesa, a cure e spese dell' Impresa appaltatrice, provvedendo, per tale periodo, a tutti i ritocchi necessari per mantenerla costantemente in perfetta efficienza.

Dal suddetto obbligo l' Impresa è esonerata nei soli casi di causa di forza maggiore, da denunciarsi regolarmente e di rifacimento o manutenzione della pavimentazione.

Detta segnaletica dovrà rispondere alle norme contenute nel D.L. 30 aprile 1992 n° 285 "Nuovo Codice della Strada" e nel D.P.R. 16 dicembre 1992 n° 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada".

Le linee spartitraffico e simili, verranno misurate a lunghezza di striscia effettivamente verniciata.

Le altre segnalazioni (croci di S. Andrea, frecce direzionali, scritte e simboli di qualsiasi forma) e le verniciature si valuteranno misurando, coi metodi geometrici, le superfici effettivamente verniciate.

Sia per le pitturazioni riguardanti la segnaletica orizzontale che per quelli riguardanti le verniciature di segnalimiti, paracarri, parapetti metallici, l' Impresa consegnerà nota giornaliera, vidimata dal personale preposto al controllo dei lavori, dei quantitativi e dal tipo delle vernici usate.

11.3 - CANCELLATURA DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE

La cancellatura della segnaletica orizzontale dovrà essere eseguita con impiego di apposito smacchiatore in modo da eliminare ogni traccia di vernice preesistente. A tale scopo, dopo l'applicazione del suddetto smacchiatore, la vernice dovrà essere raschiata ed asportata completamente con palette od altri mezzi e la superficie stradale dovrà essere perfettamente pulita.

Nel caso in cui la vernice dovesse riaffiorare dopo la cancellatura, sarà cura e onere dell' Impresa ripetere l'intervento.

La rimozione di segnaletica semipermanente dovrà essere eseguita mediante esportazione della medesima, escluso il ripristino dell' asfalto.

11.4 - NORME TECNICHE PER L'ESECUZIONE DELLE VERNICIATURE E DELLE SABBIAURE DELLE SUPERFICI METALLICHE

Per la preparazione e la verniciatura delle superfici metalliche l' Impresa dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- la preparazione delle superfici da verniciare potrà essere prescritta col metodo della sabbatura a grado di preparazione SA 2 ottenuta mediante getto di abrasivi forzati ad aria compressa attraverso ugelli esenti da olio o acqua di condensa in quantità nocive;

- per superficie pulita secondo il procedimento di sabbatura a grado di preparazione SA 2 viene definita una superficie dalla quale risultano completamente asportati olio, grasso, sporcizia, scaglie di ruggine e la vecchia pitturazione;

- se dopo la sabbatura si viene a formare della ruggine, la superficie deve essere risabbiata a carico dell' Impresa appaltatrice prima di procedere alla verniciatura con la stesa della mano di minio di piombo;

- prima di procedere alla stesa delle ulteriori mani, si dovrà accertare l'essiccamento della precedente mano di vernice;

- la pitturazione a mano delle strutture metalliche sarà eseguita con pennelli di ottima qualità con setole vulcanizzate o fibre sintetiche: la diluizione delle vernici, eseguita con diluenti specifici a cura e spese della Impresa, è dovuta per temperature inferiori ai 10°C o superiori ai 35°C. Superfici aventi temperature inferiori a 5°C o superiori a 50°C non devono essere verniciate. Inoltre, non deve essere eseguita la verniciatura su superfici umide o quando l'umidità igrometrica supera l'85%.

11.5 - NORME TECNICHE PER LA COSTRUZIONE, LA FORNITURA E LA POSA DEI SEGNALI

I segnali e le pellicole devono essere conformi, al D.L. 30 aprile 1992 n° 285 "Nuovo Codice della Strada" e al D.P.R. 16 dicembre 1992 n° 495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada" e al D.M. 23 giugno 1990 oltre ad ogni altra normativa vigente, non in contrasto con quanto sopra.

PARTI METALLICHE -SUPPORTI DEI SEGNALI

I segnali saranno costruiti in ogni loro parte in lamiera di ferro di prima scelta dello spessore non inferiore a 10/10 di mm. o in lamiera di alluminio semicrudo puro al 99%, dallo spessore non inferiore a 25/10 di mm. come specificato. Ogni segnale dovrà essere rinforzato in ogni suo perimetro con una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola. Tutti i segnali e i pannelli devono portare sul retro gli attacchi speciali per l'ancoraggio ai sostegni.

Qualora le dimensioni dei segnali superino la superficie di mq. 1,25, i cartelli dovranno essere ulteriormente rinforzati con traverse di irrigidimento saldate secondo le mediane o le diagonali.

Le frecce di direzione dovranno essere rinforzate mediante l'applicazione sul retro, per tutta la lunghezza dei cartelli, da due traverse di irrigidimento completamente scanalate adatte allo scorrimento longitudinale delle controstaffe di attacco ai sostegni.

Qualora infine i segnali siano costituiti da due o più pannelli contigui, questi devono essere perfettamente accostati mediante angolari in metallo resistente alla corrosione, opportunamente forati e muniti di un sufficiente numero di bulloncini in acciaio inox.

Sui cartelli segnaletici indicanti: lavori in corso, doppio senso di circolazione, limiti di velocità, frecce direzionali su disco, deve essere marchiato incisa nella lamiera "A.P. COMO" prima dei procedimenti.

Il marchio deve essere letto sul retro, ed è altro dalla sigla pitturata prevista dal D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 art. 77.

La lamiera di ferro dovrà essere prima decappata e quindi fosfatizzata mediante procedimento di bonderizzazione per ottenere sulle superfici dalla lamiera uno strato di cristalli salini protettivi ed ancorati per la successiva verniciatura.

La lamiera di alluminio dovrà essere resa scabra mediante carteggiatura meccanica, sgrassata a fondo e quindi sottoposta a procedimento di passivazione effettuato mediante polifosfatazione organica o ad analogo procedimento di pari affidabilità su tutte le superfici.

Il materiale grezzo dopo aver subito i suddetti processi di preparazione ed un trattamento antiossidante con applicazione di vernici tipo wash primer, dovrà essere verniciato a fuoco con opportuni prodotti, secondo il tipo di metallo e la cottura a forno dovrà raggiungere una temperatura di 140°C. Il retro e la scatola dei cartelli verrà ulteriormente finito in colore neutro opaco con speciale smalto sintetico.

Ad evitare forature, tutti i segnali dovranno essere muniti di attacco standard (adatto a sostegni in ferro tubolare diametro 48 e diametro 60 oppure adatto a profilato a U da centimetri 8/10) composto da staffe a corsoio della lunghezza utile di cm 12 saldate al segnale da controstaffe in acciaio zincato o in luogo d'alluminio per i cartelli che hanno supporto in lamiera di alluminio dello spessore di mm. 3 con due fori, nonchè da bulloni pure zincati (e relativi dadi) interamente filettati da cm 7,5, o in alternativa, adatti per i sostegni del ferro profilato a U.

Per cartelli che hanno supporto della pellicola in alluminio, i bulloni devono essere in acciaio inox.

A scelta della Direzione dei Lavori potranno essere impiegati per i segnali di indicazione elementi profilati in estruso di alluminio modulati e connettabili, senza forature, con speciali morsetti per formare superfici di qualsiasi dimensione ed aventi un peso minimo di kg. 12 per mq.

Sul retro di tutti i segnali e pannelli forniti dovrà essere indicato il nome del fabbricante, nonchè l'anno di fabbricazione e l'Ente proprietario della strada (A.P. Como).

Sul retro dei segnali deve essere riportato quanto previsto dall'art. 77 del D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 (art. 39 del DLGS 30 aprile 1992 n. 285).

La punzonatura di cui ad un limitato tipo di cartelli, sopradescritta, ha lo scopo esplicito di ridurre il fenomeno di furti dei cartelli.

RIFINITURA E COMPOSIZIONE DELLA FACCIA ANTERIORE DEI SEGNALI

La pellicola retroriflettente da applicare sulla faccia a vista dei supporti metallici, preparati e verniciati come descritto deve avere le caratteristiche indicate per le pellicole di classe 1 (normale risposta luminosa) oppure classe 2 (alta risposta luminosa) secondo il tipo di segnale richiesto. Le caratteristiche delle pellicole sono indicate ai paragrafi successivi.

Sui triangoli e i dischi della segnaletica di pericolo, divieto e obbligo, la pellicola retroriflettente dovrà costituire un rivestimento senza soluzione di continuità di tutta la faccia utile del cartello. Il nome convenzionale: "a pezzo unico" definisce con questa denominazione un pezzo intero di pellicola, sagomata secondo la forma del segnale, stampato mediante metodo serigrafico con speciali paste trasparenti per le parti colorate e nere opache per i simboli.

La stampa deve essere effettuata con i prodotti ed i metodi prescritti dal fabbricante delle pellicole catarifrangenti e dovrà mantenere inalterate le proprie caratteristiche per un periodo di tempo pari a quello garantito per la durata della pellicola catarifrangente.

Potranno essere accettati simboli con pellicola plastica opaca di colore nero purchè questa abbia le stesse caratteristiche di durata garantite dalle pellicole retroriflettenti sulla quale viene applicata.

Per quanto riguarda la segnaletica di indicazione (frecce, preavvisi di bivio, ecc.) essa dovrà essere interamente riflettorizzata, sia per quanto concerne il fondo del cartello che i bordi, i simboli e le iscrizioni, in modo che tutti i segnali appaiano di notte secondo lo schema di colori con il quale appaiano di giorno, in ottemperanza dell'art. 79 del Regolamento d'Esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada e successive modifiche ed integrazioni.

I segnali figure n°: 36 - 37 - 40 - 48 - 52 - 405 - 406 - 407 - 409/b - 466 - 467 - 468, e segnali di direzione ai sensi dell'art. 79 comma 12, 16 dicembre 1992 n. 495 dovranno di norma essere realiz-

zati interamente in pellicola retroriflettente ed elevata efficienza (classe 2) avente le caratteristiche specificate al successivo punto 4), richiesta della Direzione Lavori; varranno in ogni caso le modalità di esecuzione già sopra descritte relativa ai segnali a pezzo unico e a quelli di indicazione.

Le pellicole retroriflettenti dovranno essere lavorate ed applicate su supporti metallici mediante le apparecchiature previste dall' art. 194 comma 1, del D.P.R. 16.12.92 n° 495. L' applicazione dovrà comunque essere eseguita a perfetta regola d'arte secondo le prescrizioni della ditta produttrice delle pellicole.

Tutti i colori da impiegare sui segnali stradali, realizzati sia con pellicola retroriflettente stampata che colorata all'origine, dovranno avere coordinate colorimetriche comprese entro quelle fissate dalla Tabella 1 che segue, mentre la riflettenza percentuale dovrà essere al di sopra di quella minima prevista nella suddetta Tabella.

Le coordinate colorimetriche dovranno essere comprese nelle zone specifiche di ciascun colore stabilite dalla Tabella 1 per tutto il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente.

Entro il periodo di vita utile garantita per ciascun tipo di materiale retroriflettente non si dovranno avere sulla faccia utile rotture, distacchi od altri inconvenienti della pellicola che possano pregiudicare la funzione del segnale.

Le pellicole retroriflettenti, quelle con durata di 7 anni, si dovranno riconoscere a vista mediante un contrassegno integrato con la struttura interna della pellicola, inasportabile, non contraffabile e visibile per tutto il periodo di durata, contenere il marchio o il logotipo del fabbricante e la dicitura "7 anni", condizioni che dovranno essere espressamente dichiarate sui certificati di conformità rilasciati da Istituti autorizzati.

Non potranno pertanto essere utilizzate sui segnali stradali pellicole retroriflettenti a normale risposta luminosa sprovviste del marchio anzidetto.

TABELLA N.1

Coordinate colorimetriche valide per le pellicole di Classe 1 (a normale risposta luminosa) e Classe 2 (ad alta risposta luminosa) D.M. 23 giugno 1990

COLORE	Coordinate dei 4 punti che delimitano le zone consentite nel diagramma colorimetrico C.I..E. 1931 (illuminante normalizzato D65, geometria <3/0)				Fattore di luminanza minimo		
	1	2	3	4	PELLICOLE		
					CLASSE 1	CLASSE 2	
BIANCO	x	0,350	0,300	0,285	0,335	0,35	0,27
	y	0,360	0,310	0,325	0,375		
GIALLO	x	0,545	0,487	0,427	0,465	0,27	0,16
	y	0,454	0,423	0,483	0,534		
ROSSO	x	0,690	0,595	0,569	0,655	0,05	0,03
	y	0,310	0,315	0,341	0,345		
VERDE	x	0,007	0,248	0,177	0,026	0,04	0,03
	y	0,703	0,409	0,362	0,399		
BLU	x	0,078	0,150	0,210	0,317	0,01	0,01
	y	0,171	0,220	0,160	0,038		
ARANCIO	x	0,610	0,535	0,506	0,570	0,15	0,14
	y	0,390	0,375	0,404	0,429		
MARRONE	x	0,430	0,430	0,494	0,540	0,04	0,03
	y	0,340	0,390	0,420	0,370		

PELLICOLE RETRORIFLETTENTI A NORMALE INTENSITA' LUMINOSA

Le pellicole retroriflettenti a normale luminosità consistono in elementi sferici di vetro incorporati in un film di materiale plastico flessibile, trasparente ed a superficie esterna perfettamente liscia. Le pellicole retroriflettenti devono essere munite di adesivo secco da attivare con il calore; l'impiego di pellicole

autoadesive dovrà essere espressamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

Si ricorda che il coefficiente areico di intensità luminosa deve rispondere ai valori minimi prescritti nella tab. 2 e deve mantenere almeno il 50% dei suddetti valori per il periodo minimo di 7 anni di normale esposizione all'esterno in condizioni medio ambientali.

Angoli		VALORI MINIMI DEL COEFFICIENTE AREICO DI INTENSITA' LUMINOSA (cd - lux ⁻¹ - m ⁻²)						
Div.	1	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU	ARANCIO	MARRONE
20°	5°	50	35	10	7	2	20	0,6
	30°	24°	16	4	3	1	4,5	0,2
	40°	9	6	1,8	1,2	0,4	2,2	-
2°	5°	5	3	0,8	0,6	0,2	1,2	0,02
	30°	2,5	1,5	0,4	0,3	0,1	0,6	0,02
	40°	1,5	1,0	0,3	0,2	0,06	0,4	-

PELLICOLE RETRORIFLETTENTI AD ALTA INTENSITA' LUMINOSA

Le pellicole retroriflettenti ad alta intensità luminosa devono essere costituite da un film in materiale plastico acrilico, trasparente, tenace, resistente agli agenti atmosferici a superficie esterna perfettamente liscia.

Le proprietà di retroriflettenza devono derivare da un sistema ottico sottostante al film acrilico e costituito da uno strato uniforme di microsferi di vetro perfettamente rotonde e ad elevatissimo indice di rifrazione, incapsulate per mezzo di una opportuna resina sintetica.

Le pellicole devono essere fornite posteriormente di adesivo secco da attivare con il calore, steso uniformemente e protetto da un foglio sottile di polietilene, facilmente asportabile con le sole dita al momento dell'applicazione; l'impiego di pellicole autoadesive dovrà essere espressamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

Si ricorda che il coefficiente areico di intensità luminosa deve rispondere ai valori minimi prescritti nella tab. 3 e deve mantenere almeno l' 80% dei suddetti valori per periodo minimo di 10 anni di normale esposizione all'esterno in condizioni medio ambientali.

Angoli		Valori minimi del coefficiente areico di intensità luminosa (cd - lux ⁻¹ - m ⁻²)						
Div.	1	BIANCO	GIALLO	ROSSO	VERDE	BLU	ARANCIO	MARRONE
5°	180	122	25	21	14	65	8,5	
20°	30°	100	67	14	11	7	40	5
	40°	95	64	13	11	7	20	-
5°	5	3	0,8	0,6	0,2	1,5	0,2	
2°	30°	2,5	1,5	0,4	0,3	0,1	0,9	0,1
	40°	1,5	1,0	0,3	0,2	0,06	0,8	-

La pellicola deve comunque rispettare quanto previsto dal D.M. 23 giugno 199
CARATTERISTICHE E QUALITA' DEI SOSTEGNI

I sostegni dei segnali dovranno essere dimensionati per resistere ad una velocità del vento di km/h. pari ad una pressione dinamica di 140 kg/mq. (Circ. 18591/1978 del Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei LL.PP. relativa al D.M. del 3.10.1978).

Le fondazioni in conglomerato cementizio, con dose minima di q.li 3 di cemento R 325 per mc di miscela inerte granulometricamente corretta, dovranno essere gettate in opera e dimensionate per gli sforzi derivanti dalla spinta sopra indicata.

La qualità del calcestruzzo non deve essere inferiore a R' CK = 250 kg/cmq pari a 25 Newton/mm². L'Impresa rimarrà pertanto unica e sola responsabile in qualsiasi momento della stabilità dei segnali sia su pali che su portali, sollevando da tale responsabilità sia l'Amministrazione che i suoi funzionari da danni che potessero derivare a cose o a persone.

a) SOSTEGNI A PALO

I sostegni per i segnali verticali (esclusi i portali), saranno in acciaio tubolare del diam. 48, 60 e 90 mm., aventi rispettivamente spessore mm. 3 e 3,2 e previo decappaggio del grezzo dovranno essere zincati a caldo (norme UNI e ASTM 123) e non verniciati.

I sostegni aventi sezione circolari devono avere un dispositivo inamovibile antirotazione del segnale rispetto al sostegno e del sostegno rispetto al terreno (art. 82 D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495).

I pali di sostegno e controvento saranno chiusi alla sommità con tappo in plastica ed avranno un foro alla base per il fissaggio del tondino di ancoraggio.

I sostegni saranno completi di tutte le staffe in acciaio zincato a caldo e bulloneria zincata per il fissaggio dei segnali.

I sostegni (mensole) per i segnali da fissare a parete saranno costituiti da barre in acciaio zincato con sezione ad "U" fornite in spezzoni da ml. 4,00.

I sostegni per i segnali di indicazione in elementi estrusi di alluminio potranno essere richiesti dalla Direzione Lavori anche in acciaio zincato a caldo (secondo le norme ASTM 123) con profilo ad "IPE" dimensionati per resistere ad una spinta di kg 140 per mq ed atti al fissaggio degli elementi modulari con speciali denti in lega di alluminio UNI-3569-TA/16 dell'altezza di mm. 40.

b) SOSTEGNI A PORTALE PER SEGNALI QUALSIASI

I sostegni a portale del tipo a "bandiera" a "farfalle" o a "cavalletto", saranno costruiti in tubolari di acciaio FE 360 a sezione quadra o rettangolare interamente zincati a caldo (norme UNI e ASTM 123) non verniciati.

L'altezza del ritto sarà tale da consentire l'installazione di targhe ad un'altezza minima di 5,50 mt. dal bordo inferiore al piano viabile.

La traversa preferibilmente per i tre tipi di portale, sarà monotrave con montanti leggeri per il fissaggio delle targhe.

I portali saranno ancorati al terreno mediante un dado di fondazione in calcestruzzo idoneamente dimensionato ed eventualmente sottofondato secondo le caratteristiche del terreno, più piastra di base e tirafondi.

I calcoli di stabilità dei portali sia per la struttura che per le fondazioni sono a cura e spese dell'Impresa, che rimane unica e sola responsabile, e dovranno essere redatti secondo le norme vigenti per garantire la completa stabilità della struttura in presenza di una pressione dinamica di 140 kg/mq velocità del vento pari a 150 km/h.

ART. 4

Ordine da tenersi nei lavori

L'aggiudicatario è tenuto a presentare prima dell'inizio dei lavori, un programma esecutivo, anche indipendente dal crono programma, per pianificare e programmare sequenze, modalità, strumentazioni, mezzi d'opera e fasi delle attività di esecuzione lavori nonché, per ogni lavorazione, la previsione circa il periodo di esecuzione, l'ammontare presunto, parziale e progressivo, dell'avanzamento dei lavori al raggiungimento degli importi contrattualmente stabiliti per la liquidazione dei certificati di pagamento. Tale programma deve essere espressamente approvato dalla Direzione lavori, nel rispetto delle seguenti tempistiche e fasi lavorative:

-
- Fase 1 – baraccamenti ed area di cantiere, apposizione della segnaletica di cantiere;
 - Fase 2 – spostamento in altra sede esterna ai lavori delle interferenze rilevate;
 - Fase 3 – aggotamento delle acque del fiume Bozzente;
 - Fase 4 – sbancamenti e formazione del manufatto prefabbricato di copertura al fiume Bozzente, in aree delimitate e recintate esterne alla carreggiata stradale – non si prevedono interferenze di particolare rilievo con il traffico veicolare;
 - Fase 5 – formazione del pacchetto stradale, messa in quota del nuovo piano stradale, stesa di conglomerati bituminosi e raccordi alle pavimentazioni esistenti – tali lavori richiedono deviazioni del traffico all'interno dell'area di cantiere – per queste lavorazioni si prevede che **la giornata lavorativa potrà essere articolata su più turni di lavoro anche nelle ore notturne.**
 - Fase 6 – opere di finitura, sistemazioni a verde, segnaletica in configurazione finale con la nuova viabilità già in esercizio.
 - **Si fa rilevare, che durante tutte le fasi lavorative si dovrà garantire l'accesso agli autoarticolati diretti all'attività industriale ubicata al mappale 812 dal passo carraio esistente (circa 10/15 al giorno).**

ART. 5

CONSEGNA DEI LAVORI

Il Direttore dei Lavori, previa autorizzazione del RUP provvede alla consegna dei lavori entro e non oltre il termine di 90 giorni dalla stipula del contratto.

La consegna dei lavori sarà svolta mediante processo verbale di accertamento dei fatti.

L'Appaltatore si impegna ad iniziare i lavori immediatamente alla consegna degli stessi, fatta con apposito verbale, anche immediatamente dopo la aggiudicazione dei lavori e si impegna a concluderli celermente, nel rispetto della sicurezza del cantiere, anche prima del tempo contrattuale.

Norma finale

Per tutto quanto non espressamente previsto dallo schema di contratto e dal presente capitolato speciale d'appalto trovano applicazione le norme del D.Lgs 18 aprile 2016 n° 50 (Attuazione della direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE, 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli Enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture) e del Regolamento approvato con D.P.R. 207/2010 nelle sezioni non abrogate nonché nel presente Capitolato Speciale d'Appalto.