



Direzione Generale Territoriale Sud e Sicilia  
DIPARTIMENTO DEI TRASPORTI TERRESTRI  
U.S.T.I.F. Puglia, Basilicata, Calabria e Sicilia

REGIONE BASILICATA  
Assessorato Infrastruttura e Mobilità

# RINNOVO ARMAMENTO DEL PIAZZALE BINARI DELLA STAZIONE DI AVIGLIANO CITTA'

## - PROGETTO ESECUTIVO -

5					
4					
3					
2					
1					
0	Giugno 2017	MBarbara	MBarbara	PStasi	Prima Emissione
Em./Rev	Data	Red./Dis.	Verificato	Approvato	Descrizione

Redazione grafica: ETACONS S.r.l. - P.tta S. G. dei Fiorentini n.1 - 73100 LECCE Tel(0832)331418/7 Fax(0832)331486 E-mail: mail@etacons.it

Cod. N°: **E277-E**

Titolo dell'allegato

Allegato n.

**CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO  
DISCIPLINARE TECNICO**

**F**

Scala

Progettazione:



Ing. Primo Stasi

Committente:



**FERROVIE APPULO LUCANE S.R.L.**

**R.U.P. e Direttore di Esercizio:**

Ing. Eduardo Messano

# CAPITOLATO SPECIA D'APPALTO

## Parte seconda

---

### DISCIPLINARE TECNICO

---

#### Sommario

1. PREMESSE.....	3
2. OBBLIGHI ED ONERI PARTICOLARI DELL'APPALTATORE E DISPOSIZIONI SPECIALI NELL'ESECUZIONE DEI LAVORI .....	5
2.1. Lavori interferenti con gli impianti ferroviari in esercizio.....	5
2.2. Oneri dell'Appaltatore.....	6
2.3. Trasporto dei materiali .....	7
2.4. Esecuzione dei lavori per fasi e vincoli operativi dei cantieri.....	7
2.5. Identificazione del personale di cantiere.....	8
2.6. Monitoraggio opere provvisorie.....	8
2.7. Custodia materiali smontati.....	8
3. MOVIMENTI DI TERRA .....	9
3.1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI.....	9
3.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI .....	9
3.2.1. Diserbamento e Scoticismo .....	9
3.2.2 Scavi.....	9
3.2.3 Rinterri.....	10
3.2.4 Rilevati.....	11
3.2.5 Rilevato ferroviario.....	12
3.2.7. Strato "Supercompattato" .....	15
3.8.1. Rilevati e trincee ferroviarie .....	21
4. SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI .....	23
4.1 CAMPO DI APPLICAZIONE ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI.....	23
4.1.1 Campo di applicazione .....	23
4.1.2 Oneri.....	23
4.1.3 Controlli .....	24
4.1.4 Preavvisi.....	24
4.2 RIFERIMENTI NORMATIVI .....	24
4.3 PAVIMENTAZIONI STRADALI.....	24
4.3.1 Tipologie e caratteristiche delle pavimentazione.....	24
4.3.2 Caratteristiche dei materiali e modalità di miscelazione posa e controllo .....	26
4.4 SUB-BALLAST .....	33
4.4.1 Sub-ballast in conglomerato bituminoso.....	33
4.4.2 Sub-ballast in misto cementato .....	38
5. ARMAMENTO FERROVIARIO .....	42
5.1 Ballast .....	42
5.2 Traverse e organi di attacco.....	42
5.4 Deviatori.....	43

## **1. PREMESSE**

Il presente Capitolato Tecnico ha per oggetto tutte le opere da eseguire per la costruzione delle opere ed è parte integrante del Capitolato speciale di appalto.

Le varie sezioni del Capitolato tecnico hanno per oggetto le prescrizioni tecniche generali e particolari riguardanti le opere da realizzare.

### **FINALITA'**

Questo Capitolato stabilisce le normative e gli standards da osservare, le prescrizioni generali e particolari che dovranno essere attese, i requisiti tecnici minimi richiesti, le specifiche e le modalità d'impiego dei materiali da utilizzare.

Le disposizioni e le norme tecniche di questo Capitolato sono impegnative per l'APPALTATORE, ma non limitative.

Pertanto è chiaramente inteso che è obbligo dell'APPALTATORE eseguire e ultimare compiutamente il suo Scopo del Lavoro completo in ogni sua parte, in conformità a tutti gli elaborati di progetto. Tutti i lavori dovranno essere eseguiti in conformità alle leggi e alle Norme e regolamenti vigenti in Italia, come applicabili, salvo il caso in cui questo Capitolato preveda requisiti tecnici o standards qualitativi più elevati di quelli minimi previsti dalle normative tecniche in materia.

### **CONTRADDIZIONI, PRIORITA', CHIARIMENTI**

Nei casi in cui un argomento risulti trattato in più sezioni del capitolato, in caso di discordanza avrà prevalenza di norma la indicazione contenuta nella sezione specifica in relazione all'opera di cui trattasi. Ogni ambiguità e/o contraddizione di altra natura che dovesse essere riscontrata tra i contenuti del presente Capitolato dovrà essere segnalata, in forma scritta, all'attenzione della DIREZIONE LAVORI per i chiarimenti e/o la risoluzione alla luce dell'atto contrattuale.

### **DEFINIZIONI**

A completamento dei termini definiti nel contratto d'appalto e nel Capitolato Parte generale di seguito si riporta il significato dei termini principali utilizzati nel presente documento.

#### **Committente:**

Indica Ferrovie Appulo Lucane che ha affidato all'APPALTATORE le attività per la realizzazione delle opere più dettagliatamente definite nel contratto e negli elaborati grafici allegati al contratto medesimo.

#### **Contratto:**

Il rapporto contrattuale, intercorrente tra la Committente e l'APPALTATORE, e cioè il contratto d'appalto e i relativi allegati.

#### **Controllo Qualità (C.Q.)**

L'insieme di tutte le prescrizioni ed attività che permettono di rilevare e misurare le caratteristiche di una parte dell'impianto, di un procedimento, di un servizio, verificandola a fronte di parametri e valori precedentemente specificati, che è necessario porre in essere per consentire il raggiungimento dei requisiti di qualità delle opere, richiesti dal progettista in accordo alle necessità della Committente e delle leggi applicabili.

### **APPALTATORE**

Il soggetto affidatario di tutte le prestazioni, forniture e lavori oggetto del contratto.

**Esecutore**

La struttura operativa dell'APPALTATORE o del Subappaltatore che esegue i lavori per conto e sotto la responsabilità dell'APPALTATORE.

**Piano Controllo Qualità (P.C.Q.):**

Il documento che esplicita, per le differenti tipologie di lavorazioni, in forma organica ed eventualmente sequenziale, il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire, i responsabili degli stessi, le fasi vincolanti. Tale documento dovrà essere predisposto dall'Appaltatore e sottoposto all'approvazione della Direzione dei Lavori, prima dell'inizio dei lavori stessi.

**Prova:**

Forma di verifica a cui è soggetta una parte d'opera per determinare la sua capacità a soddisfare prescrizioni e/o prestazioni specificate.

**Responsabile:**

L'incaricato della gestione di una funzione o più di una unità operativa, responsabile verso la funzione gerarchicamente superiore dei risultati e della qualità delle attività a lui demandate. Egli è anche responsabile della efficiente ed efficace gestione delle risorse a lui assegnate.

**Specifici di C.Q.:**

Documento che identifica le prescrizioni di C.Q. a cui debbono ottemperare le parti costituenti l'opera.

**- DIREZIONE LAVORI:**

Termine equivalente a: DIREZIONE LAVORI ai sensi delle Leggi vigenti.

**LEGGI E NORMATIVE**

Tutti i lavori dovranno essere eseguiti in conformità alle leggi e disposizioni legislative in vigore. Inoltre l'APPALTATORE dovrà rispettare le prescrizioni e adempiere agli obblighi delle normative riportate nelle singole sezioni del presente Capitolato.

## **2. OBBLIGHI ED ONERI PARTICOLARI DELL'APPALTATORE E DISPOSIZIONI SPECIALI NELL'ESECUZIONE DEI LAVORI**

### ***2.1. Lavori interferenti con gli impianti ferroviari in esercizio***

#### *Redazione e presentazione del programma di lavoro*

Il programma dei lavori dovrà essere presentato dall'Appaltatore entro 30 giorni dalla consegna dei lavori con le modalità e nei tempi stabiliti dal capitolato. Tale programma dovrà essere predisposto dall'Appaltatore sulla base delle risultanze di un'attenta ricognizione preliminare, effettuata in contraddittorio con il Direttore dei lavori e con il rappresentante dei Gestori dell'infrastruttura, dei tratti di linea nella stazione interessati dai lavori e tenendo conto degli ulteriori elementi forniti dal Direttore dei lavori e dal rappresentante dei Gestori dell'infrastruttura e delle notizie circa l'afflusso dei materiali occorrenti, la disponibilità di interruzioni e rallentamenti e altri vincoli e di eventuali disposizioni sulle priorità nell'esecuzione dei lavori. Di tutte le risultanze della predetta ricognizione preliminare sarà redatto apposito verbale.

#### *Presenza di manufatti e cavidotti.*

A causa della presenza di manufatti e cavi interrati nella sede ferroviaria che possono interferire con i lavori stessi, l'Appaltatore dovrà provvedere alla ricerca ed alla individuazione degli eventuali cavi elettrici, telefonici, di segnalamento e simili, nonché di condotte idriche e di fluidi o gas in genere, con modalità atte ad evitare il loro danneggiamento. Il mantenimento della continuità e della funzionalità di detti cavi e condotte, nel corso dei lavori, resta a carico dell'Appaltatore che non potrà vantare diritto ad alcun compenso per i relativi oneri, come pure quelli per la ricerca e la scopertura. Saranno compensate soltanto le spese relative agli spostamenti a carattere definitivo che saranno eventualmente disposti con comunicazione scritta dal Direttore dei Lavori.

#### *Precauzioni e soggezioni particolari*

L'Appaltatore deve porre ogni cura ed attenzione ad adempiere a tutte le leggi, regolamenti, disposizioni, istruzioni, a quanto previsto dal contratto ed alle conseguenti prescrizioni impartite dal Direttore dei lavori e, laddove previsto, dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori di cui al D.L.vo 81/2008, al fine di evitare che per fatto suo o dei suoi dipendenti vengano compromesse la sicurezza e la regolarità della circolazione dei treni, prestando, all'occorrenza con l'opera del proprio personale, la collaborazione ed il supporto agli agenti ferroviari per mantenere la regolarità e per garantire la sicurezza dell'esercizio ferroviario della stazione. L'Appaltatore deve curare che i depositi temporanei dei materiali ed attrezzi lungo la linea ferroviaria utilizzabili durante la prestazione lavorativa giornaliera vengano tenuti a distanza non inferiore ad un metro e mezzo dalla più vicina rotaia in esercizio conformemente a quanto stabilito dalla "Istruzione per la protezione dei cantieri" RFI. Tale distanza deve essere convenientemente aumentata nei casi previsti dalla suddetta Istruzione e secondo le eventuali prescrizioni impartite dal Direttore dei lavori e/o dal Coordinatore per l'esecuzione dei lavori.

#### *Protezione cantieri*

Per l'esecuzione delle opere per le quali è necessaria la costituzione di cantieri di lavoro che interferiscono con la circolazione dei treni, in quanto comportano occupazioni temporanee, con uomini e/o attrezzi, del binario o delle sue adiacenze a distanza dalla più vicina rotaia inferiore a quella prevista dalla Istruzione per la protezione dei cantieri o che, comunque, considerata la vicinanza con la sede ferroviaria, richiedano al transito di ciascun treno l'attuazione di provvedimenti cautelativi affinché nulla si opponga al transito del treno stesso e siano contemporaneamente garantite la sicurezza del traffico ferroviario e l'incolumità delle maestranze, dovrà essere messa in atto apposita protezione dei cantieri stessi con i criteri e le modalità stabilite dal "Istruzione per la Protezione dei Cantieri" nonché da eventuali ulteriori

prescrizioni di dettaglio impartite dai gestori delle linee (RFI e FAL) mediante disposizioni scritte. Le mansioni esecutive di tale protezione devono essere assolte dal personale dipendente dall'Appaltatore, in possesso dei prescritti requisiti fisici e dell'apposita abilitazione rilasciata dal Gestore dell'infrastruttura a spese dell'Appaltatore. I nominativi degli addetti alla protezione cantieri, preventivamente accettati dal Direttore dei lavori, sentito il Gestore dell'infrastruttura, saranno resi noti all'Appaltatore con comunicazione scritta e, soltanto tra questi, l'Appaltatore, di volta in volta, dovrà scegliere il personale necessario, numericamente stabilito, per le esigenze, anche straordinarie, della protezione. Il regime di protezione ed il numero complessivo di detti dipendenti che sarà ritenuto necessario per il servizio di protezione durante l'espletamento delle varie fasi dei lavori, sarà disposto dal suddetto incaricato del Gestore dell'infrastruttura che ne darà preventiva e tempestiva comunicazione all'Appaltatore nonché informazione al Direttore dei lavori, ferma restando la piena responsabilità dell'Appaltatore in ordine alla scrupolosa osservanza delle norme vigenti circa la protezione stessa.

#### Concessione di interruzioni e rallentamenti

##### Programma di interruzione

Il Gestore dell'Infrastruttura ferroviaria, sulla base di quanto previsto nel programma lavori, per consentire l'esecuzione di lavori che interferiscono con l'esercizio ferroviario assicura all'Appaltatore la disponibilità di interruzioni programmate. Dette interruzioni risulteranno regolarmente programmate secondo la tempistica che verrà concordata con congruo anticipo.

##### Programma rallentamenti

Per l'esecuzione dei lavori sono inoltre previsti rallentamenti della velocità dei treni in concomitanza con lavori alla sede, ai binari, etc, per motivi di sicurezza dell'esercizio ferroviario, nel tratto e con le caratteristiche previsti nel programma lavori, da concordare con il Direttore dei Lavori

#### Mezzi ferroviari

L'Appaltatore dovrà essere in regola con le norme e prescrizioni relative alla circolabilità e la sosta dei mezzi ferroviari non deragliabili che utilizzerà nel corso dei lavori in oggetto. Pertanto dovrà esporre su ciascun rotabile in modo visibile il contrassegno di circolazione ovvero il contrassegno di sosta. In tempo utile prima della scadenza di validità dei contrassegni l'Appaltatore dovrà procedere al rinnovo dei medesimi ovvero in caso di mancanza del contrassegno il mezzo dovrà essere allontanato dai binari Ferroviari.

#### Eventuali interferenze con il servizio viaggiatori

Durante i lavori l'Appaltatore dovrà assicurare, sempre e comunque, ai viaggiatori in transito nella stazione le migliori condizioni di sicurezza nei confronti della zona di cantiere eventualmente interferente che pertanto dovrà essere adeguatamente delimitata e dotata di cartelli monitori ben visibili e facilmente recepibili dalla clientela, in ogni parte della stazione ad essa accessibile.

L'Appaltatore dovrà predisporre una programmazione di dettaglio per la realizzazione delle opere che interferiscono con gli spazi utilizzati per il servizio viaggiatori, in maniera da arrecare ad esso il minore disturbo possibile. Il programma di dettaglio con le indicazioni sui provvedimenti di informazione al pubblico che si ritengono necessari di volta in volta, dovranno essere presentati al Direttore lavori per la preventiva approvazione almeno trenta giorni prima dell'inizio dei lavori

## **2.2. Oneri dell'Appaltatore**

Sono a carico dell'Appaltatore in via indicativa e non esaustiva tutti gli oneri qui di seguito indicati:

- accumulo e conservazione per il reimpiego del terreno vegetale di scortico;
- provvedimenti atti ad evitare il rilascio di materiale sulle strade da parte dei mezzi di trasporto;
- lavaggio e pulizia delle strade di accesso al cantiere;

- conservazione della viabilità pubblica e privata preesistente interessata dal cantiere, mediante pulizia e manutenzione;
- predisposizioni di segnaletica stradale e di cartellonistica informativa;
- ripristino morfologico ed idraulico dei luoghi, nonché della vegetazione autoctona preesistente (prato, arbusti ed alberi), al termine dei lavori.

L'Appaltatore dovrà sottoporre al Direttore dei Lavori una proposta operativa ed organizzativa dei cantieri e sulle loro condizioni di operatività entro 30 (trenta) giorni dalla data di consegna dei lavori, per la quale è onere e responsabilità dell'Appaltatore acquisire le necessarie autorizzazioni pubbliche o private.

### **2.3. *Trasporto dei materiali***

E' compreso nei prezzi a corpo il trasporto di tutti i materiali occorrenti per la realizzazione dei lavori, forniture e prestazioni di cui allo stesso punto.

### **2.4. *Esecuzione dei lavori per fasi e vincoli operativi dei cantieri***

Le varie fasi previste per l'esecuzione dei lavori saranno programmate e concordate tra il Gestore ed il Direttore dei lavori secondo le esigenze del traffico ferroviario per l'esercizio.

E' onere e responsabilità dell'Appaltatore mantenere gli accessi alle proprietà pubbliche e private interessate da tutti i cantieri di lavoro per la realizzazione degli interventi oggetto del presente appalto. Tali oneri sono a totale carico dell'Appaltatore stesso.

L'Appaltatore dichiara espressamente di avere tenuto conto nella propria offerta di eventuali vincoli sulla percorribilità delle strade cittadine da parte dei mezzi propri. A questo proposito l'Appaltatore dovrà prendere opportuni contatti con l'Ente proprietario e/o gestore delle strade interessate, nonché con il Comune interessato.

Le condizioni contrattuali, nonché i termini utili per lo sviluppo e per l'ultimazione dei lavori si intendono accettati dall'Appaltatore, tenendo conto delle soggezioni e condizionamenti che nell'esecuzione delle prestazioni oggetto del Contratto potranno derivare dalla coesistenza con altri cantieri e dalla contemporanea esecuzione, nello stesso ambito, di altre opere affidate ad altre Imprese.

#### **Mantenimento ed adeguamento della viabilità e vie di accesso ai cantieri**

L'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli interventi provvisori o definitivi necessari al mantenimento in efficienza della viabilità esistente per assicurare, sia durante il corso dei lavori sia a lavori finiti, la regolarità del traffico veicolare e la completa funzionalità e agibilità della rete viaria comunque interessata, direttamente o di riflesso, dalle costruende opere ferroviarie e dalle restanti opere previste nel presente Contratto.

L'Appaltatore ha l'obbligo del rigoroso rispetto di quanto previsto e prescritto nel presente Contratto e di quanto deve essere richiesto ed autorizzato dagli Enti per lo svolgimento dei lavori. Gli interventi di cui sopra sono a totale carico dell'Appaltatore essendo stati compresi e compensati nell'offerta prezzi che lo stesso ha elaborato.

All'Appaltatore fanno carico tutti gli oneri afferenti il mantenimento e la continuità e regolarità del traffico, 24 ore su 24, nelle zone cittadine limitrofe a quelle di intervento, attraverso il coordinamento dell'attività dei cantieri, sia in sede programmatica che esecutiva, comprese la regolazione e la disciplina del traffico secondo le prescrizioni degli Enti gestori, gli allacciamenti e deviazioni provvisorie e definitive in tutte le fasi di realizzazione, provvedendo anche all'espletamento delle attività strumentali necessarie al raggiungimento delle intese con gli Enti per autorizzazioni, benessere, permessi e quanto altro occorra per lo svolgimento dei lavori.

Tutte le predette attività si intendono comprese e compensate nei prezzi che l'Appaltatore ha elaborato per la realizzazione delle opere inerenti il presente Contratto.

### **2.5. Identificazione del personale di cantiere**

L'Appaltatore assume l'obbligo di dotare, a sua cura e spese, i propri dipendenti aventi accesso ai lavori di un apposito documento di identificazione munito di fotografia da tenere permanentemente esposto sulla propria persona, dal quale risulti che la persona stessa titolare del documento lavora alle sue dipendenze.

L'Appaltatore assume altresì l'obbligo di dotare il personale dei subappaltatori aventi accesso ai cantieri di analogo documento di identificazione che con apposita scritta indichi che gli stessi sono alle dipendenze del subappaltatore autorizzato.

Il documento di identificazione dovrà essere sempre in possesso dell'addetto ai lavori, e dove non fosse esposto, dovrà essere esibito ai rappresentanti della Direzione Lavori e/o ad altro funzionario che svolgerà funzioni di controllo.

Se, a seguito di controllo, uno o più addetti ai lavori risultassero sprovvisti del documento di cui ai commi precedenti, verranno richieste le generalità degli stessi e notificate all'Appaltatore (anche nel caso che gli addetti ai lavori siano alle dipendenze di subappaltatore autorizzato), il quale dovrà presentare al Direttore dei Lavori entro il giorno successivo i documenti non esibiti all'atto del controllo.

### **2.6. Monitoraggio opere provvisoria**

L'appaltatore dovrà garantire il regolare e sicuro esercizio dei binari, predisponendo altresì il monitoraggio in continuo degli stessi.

### **2.7. Custodia materiali smontati**

L'Appaltatore dal momento dello smontaggio degli oggetti dalle sedi tecniche, ancorché di proprietà del Gestore dell'Infrastruttura, dovrà custodire il materiale a propria cura e spese fino al momento in cui sarà stilato il verbale di restituzione dei materiali tolti d'opera.

### **3. MOVIMENTI DI TERRA**

#### **3.1 DEFINIZIONI E CLASSIFICAZIONI**

I movimenti di terra comprendono le seguenti categorie di lavoro:

- Diserbamento e scoticamento
- Scavi
- Rinterri
- Rilevati
- Trincee

Nei paragrafi seguenti sono definite le prescrizioni relative a ciascuna categoria di lavoro nonché le prescrizioni ed oneri di carattere generale ed i controlli da eseguire.

#### **3.2 PRESCRIZIONI TECNICHE PARTICOLARI**

##### **3.2.1. Diserbamento e Scoticismo**

Il diserbamento consiste nella rimozione ed asportazione di erbe, radici, cespugli, piante e alberi.

Lo scoticamento consiste nella rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua. Nell'esecuzione dei lavori l'APPALTATORE dovrà attenersi a quanto segue:

- a) Il diserbamento e lo scoticamento del terreno dovranno sempre essere eseguiti prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto costruttivo.
- b) Dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e, dove necessario, la DIREZIONE LAVORI indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.
- c) Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso.
- d) Il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica autorizzata a propria cura e spese e, se idoneo, riutilizzato per opere di riambientalizzazione e/o come terreno vegetale per la finitura di scarpate.

##### **3.2.2 Scavi**

Per scavo s'intende l'enucleazione, rimozione e trasporto di terreni di qualsiasi natura e di materiali litoidi che rientrino nelle seguenti categorie:

terreni vegetali ed organici, suoli, riporti artificiali di varia natura;  
terreni sciolti e granulari anche se addensati o con modesta cementazione;  
terreni coesivi, a comportamento plastico, in formazioni spazialmente omogenee, o alternati a modesti livelli di materiale granulare cementato;  
materiali litoidi alterati nonché masse rocciose fessurate, con orientamento non preferenziale delle fessure con separazione della massa in blocchi di dimensione non superiore ad un metro cubo, non cementati.

Si intendono materiali litoidi quei materiali rocciosi coerenti e compatti che debbono necessariamente essere scavati con l'ausilio di macchine ad azione demolitrice, ripper, demolitori, fioretti, martelli pneumatici, cunei idraulici, miscele espansive, etc. Sono comprese anche le rocce in strati alternati nelle quali la presenza di fessurazioni e/o alterazioni non rechi pregiudizio alla compattezza dell'intera massa, ovvero con presenza di cemento, di consistenza litoide, nelle fessure. Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.

Nell'esecuzione dei lavori di scavo l'APPALTATORE dovrà farsi carico delle prescrizioni e degli oneri di seguito elencati a titolo descrittivo e non limitativo.

- a) Rifinire il fondo e le pareti dello scavo non provvisoriale secondo quote e pendenze di progetto. L'appaltatore avrà cura che il fondo dello scavo sia compattato in maniera adeguata;
- b) Segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della DIREZIONE LAVORI, ove previsto dal PCQ, prima di procedere a fasi di lavoro successive. Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata la DIREZIONE LAVORI potrà richiedere all'APPALTATORE di rimettere a nudo le parti occultate senza che questi abbia diritto al riconoscimento di alcun maggior onere.
- c) Provvedere alla demolizione e/o rimozione dei trovanti di qualsiasi natura e dimensione provvedendo altresì alla frantumazione dei materiali non trasportabili e/o non riutilizzabili.
- d) Eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla DIREZIONE LAVORI, scavi campione con prelievo di saggi e/o effettuazione di prove in sito ed analisi di laboratorio.
- e) Provvedere a propria cura e spese allo smaltimento in discarica autorizzata del materiale scavato non riutilizzato e/o non riutilizzabile;
- f) Provvedere al carico, trasporto e scarico del materiale proveniente dagli scavi che l'APPALTATORE intendesse riutilizzare, purché idoneo. E' inteso incluso anche l'eventuale onere per il reperimento di idonee aree di stoccaggio, eventualmente indicate dalla DIREZIONE LAVORI, il deposito ordinato e la ripresa dei materiali.
- g) Recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo.
- h) Provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbatacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto, nel rispetto del piano di sicurezza ed in conformità alle norme di sicurezza.
- i) Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrato di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.
- j) Provvedere ad un adeguato drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché ad aggettamento dell'acqua ove si rendesse necessario. L'APPALTATORE dovrà mantenere durante i lavori tutti i drenaggi funzionanti in modo da assicurare la fuoriuscita dell'acqua. I danni al lavoro conseguenti a infiltrazioni d'acqua dovute alla mancata realizzazione di idonei drenaggi dovranno essere immediatamente rimediati dall'APPALTATORE a sue spese.
- k) Nel caso di impiego di esplosivi, saranno a carico dell'APPALTATORE:
  - Il rispetto delle leggi e normative vigenti, la richiesta e l'ottenimento dei permessi delle competenti Autorità.
  - Polvere, micce, detonatori, tutto il materiale protettivo occorrente per il brillamento delle mine, compresa l'esecuzione di fori, fornelli, etc.
  - Mezzi, materiali e personale qualificato occorrente, per l'esecuzione dei lavori nel rispetto delle norme di sicurezza.
  - Coordinamento nei tempi di esecuzione, in accordo al programma di costruzione e nel rispetto dei vincoli e delle soggezioni derivanti dalle altre attività in corso e dalle situazioni locali.

### **3.2.3 Rinterri**

Per rinterri si intendono:

- la bonifica di zone di terreno non adeguato, al disotto del piano di posa di manufatti, delle trincee e dei rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni del sottosuolo con materiale idoneo o mediante il trattamento degli stessi con calce;
- il riempimento di scavi provvisori eseguiti per la realizzazione di fondazioni, cunicoli, pozzetti, e quanto altro;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

Nell'effettuazione dei rinterri l'APPALTATORE dovrà attenersi alle seguenti prescrizioni ed oneri:

- a) La bonifica del terreno dovrà essere eseguita quando prevista dal progetto e ogni qualvolta nel corso dei lavori si dovessero trovare delle zone di terreno non idoneo (per es. un terreno altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o

contenente notevoli quantità di sostanze organiche) e/o comunque non conforme alle specifiche di progetto o a prescrizioni contrattuali.

b) La bonifica dovrà essere eseguita utilizzando i seguenti materiali; con riferimento alla classifica UNI 10006:

- A1, A2, A3 se proveniente da cave di prestito;
- A1, A2, A3, A4 se proveniente dagli scavi.

Il materiale dovrà essere messo in opera a strati di spessore non superiore a 50 cm. (materiale sciolto); per il materiale dei gruppi A2 ed A4 gli strati dovranno avere spessore non superiore a 30 cm. (materiale sciolto).

Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce. Si prevede pertanto la stabilizzazione a calce o a cemento del corpo ferroviario in rilevato. Previo scotico del terreno esiste lungo l'area di sedime del rilevato e compattazione del piano di posa, si procederà alla stesa in sito, delle terre provenienti dagli scavi con idonei macchinari, per strati non superiori a 30 cm. La stabilizzazione dovrà essere eseguita con la stesa e la miscelazione di ossido ed idrossido di calcio micronizzato oppure di cemento, in idonea percentuale in peso rispetto alla terra. Si rimanda al punto 2.4.4 per il trattamento delle terre stabilizzate.

Dopo la compattazione, il valore della densità secca (AASHTO Modificata CNR-BU n. 69) dovrà essere almeno pari a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a quello previsto per le diverse tipologie di opere in terra, riportato nei paragrafi che seguono; infine il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto.

c) Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno di cui al relativo punto debba essere eseguita in presenza d'acqua, l'APPALTATORE dovrà provvedere ai necessari emungimenti per mantenere costantemente asciutta la zona di scavo da bonificare fino ad ultimazione dell'attività stessa; per il rinterro dovrà essere utilizzato materiale selezionato appartenente esclusivamente ai gruppi A1, A2-4 ed A3 (UNI 10006). Qualora le caratteristiche del terreno richiedessero un trattamento di miglioramento, un rinforzo o una stabilizzazione profondo questo dovrà essere eseguito secondo le prescrizioni di progetto.

d) Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo opportunamente compattato, secondo le prescrizioni del progetto.

e) Il rinterro di scavi relativi a tubazioni interrato e cavi elettrici sarà effettuato con materiali sabbiosi (o comunque con materiali che durante l'operazione di rinterro non danneggino dette installazioni).

f) La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali idonei sia provenienti dagli scavi che di fornitura dell'APPALTATORE, e dovrà essere effettuata con spandimento a strati procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le indicazioni del progetto.

### **3.2.4 Rilevati**

Con il termine "rilevati" sono definite tutte le opere realizzate con terra, destinate a formare il rilevato ferroviario e stradale, ed i piazzali, con esclusione dei lavori inerenti alla sovrastruttura stradale o ferroviaria per i quali si rimanda ad altre Sezioni del presente Capitolato.

Al fine di individuare le diverse parti che costituiscono il rilevato si definisce:

- a) piano di posa del rilevato - la superficie del terreno naturale dopo lo scotico o del terreno di riporto dopo l'eventuale bonifica del terreno naturale;
- b) corpo del rilevato - opera in terra, costituita dalla sovrapposizione di strati di terre, compattate, necessaria per l'appoggio della sovrastruttura ferroviaria o stradale posta a quota superiore a quella del piano di campagna;
- c) primo strato di rilevato o strato anticapillare – primo strato di rilevato, al di sopra del piano

di posa, con caratteristiche tali da impedire la risalita dell'acqua per capillarità;

d) ultimo strato del rilevato o strato supercompattato - ultimo strato del rilevato caratterizzato da un elevato grado di costipamento, che costituisce il piano posa del sub-ballast.

### 3.2.5 Rilevato ferroviario

Tutti i rilevati, sia che si impostino sul piano di campagna o che si addossino a rilevati esistenti, dovranno essere eseguiti tenendo conto delle seguenti modalità.

a) Prima della formazione del rilevato, il terreno al di sotto del piano di campagna, andrà asportato per uno spessore minimo di 50 cm (scotico) e comunque per tutto lo strato di terreno vegetale. Successivamente dovrà essere preparato il piano di posa, alla quota prevista in progetto, secondo i requisiti previsti nel punto b del presente paragrafo; se la quota di progetto è superiore a quella dello scotico, la stessa dovrà essere raggiunta con l'apporto di materiale selezionato, rispondente ai requisiti di cui al relativo punto (rinterri).

b) Il piano di posa, che sia costituito dal terreno in sito o da materiale di rinterro, dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto. Se il terreno in situ non ha caratteristiche adeguate ai requisiti richiesti, dovrà essere effettuata la bonifica, secondo quanto previsto al relativo punto (rinterri).

c) Il primo strato di rilevato o strato anticapillare, posto al di sopra del piano di posa, dovrà avere uno spessore di 50 cm (materiale compattato) e dovrà essere costituito da pietrischetto con dimensioni comprese tra 2 e 25 mm avente le seguenti caratteristiche granulometriche:

• assortimento granulometrico:	%passante
25 mm	100%
4 mm	20%
2 mm	10%

• Equivalente in sabbia >70.

L'impiego di materiali di diversa granulometria è possibile solo nel caso in cui l'APPALTATORE, seguendo le indicazioni del DL che sentirà in proposito i progettisti, esegua una sperimentazione su campo prova volta a dimostrare che la massima risalita capillare non supera la metà dello strato anticapillare stesso.

Il materiale dovrà essere steso in strati non superiori a 50 cm (materiale sciolto) e costipato mediante rullatura. Il modulo di deformazione, misurato mediante prova di carico su piastra al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 20 MPa e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto.

Questo strato dovrà essere protetto inferiormente con uno strato di geotessile avente le caratteristiche definite dal progetto.

In ogni caso, il geotessile dovrà:

- apparire uniforme;
- non avere superficie liscia;
- essere resistente agli agenti chimici ed alle cementazioni abituali in ambienti naturali;
- essere imputrescibile ed atossico;
- avere buona resistenza alle alte temperature;
- essere isotropo;

- avere resistenza a trazione, misurata secondo la normativa CNR su provino da 500 x 100 mm, maggiore o uguale a 18 kN/m;
- essere risvoltato alle estremità e ricoprire superiormente lo strato di anticapillare per almeno 3 m su ciascun lato.
- Se i terreni sovrastanti appartengono alle classi A2 e A4 il geotessile dovrà ricoprire completamente lo strato anticapillare.

d) Nella formazione del corpo del rilevato dovranno essere innanzitutto impiegate le terre provenienti da scavi di sbancamento, di fondazione o di galleria appartenenti ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, di cui alla norma UNI 10006, e inoltre terre provenienti da cave di prestito, appartenenti agli stessi gruppi. Non dovranno essere impiegate terre del gruppo A3 con coefficiente di disuniformità inferiore a 7. Qualora sia previsto in progetto a causa della non disponibilità dei suddetti materiali in un raggio economicamente conveniente, è consentito l'uso di terre stabilizzate a calce secondo quanto detto al relativo punto. L'utilizzo di terre piroclastiche dovrà essere esplicitamente autorizzato dalla DIREZIONE LAVORI e comunque rispettare quanto indicato al relativo punto. Lo spessore dello strato (materiale soffice/sciolto) deve essere adeguato ai mezzi di compattazione, in maniera da ottenere un'omogeneità di compattazione per tutta l'altezza dello strato finito.

e) Per la formazione del corpo dei rilevati potranno essere impiegati frammenti rocciosi delle dimensioni non maggiori di 25 cm così da poter formare strati dello spessore massimo di 50 cm. Da un punto di vista litologico è da escludere l'impiego di materiali provenienti da marne, argilliti, filladi e micascisti o da rocce soggette a fenomeni di alterazione.

f) Nel caso di impiego di rocce tufacee, la formazione del corpo dei rilevati, gli scapoli dovranno essere frantumati completamente, con dimensioni massime di 10 cm, mediante l'impiego di rulli a piedi di pecora. Non dovranno essere impiegati materiali di natura argillo-scistosa o comunque alterabili o molto fragili che non conservino nel tempo la granulometria originaria. Non verranno perciò accettate rocce di origine chimica che non abbiano completato il processo di diagenesi a meno di esplicita approvazione della D.L., che deve sentire in proposito i progettisti, dopo l'esecuzione di specifiche prove che devono essere proposte dall'APPALTATORE ed approvate dalla DL stessa. Il materiale, la cui dimensione sia compresa fra 7,1 e 25 cm, deve essere di pezzatura disuniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato. Deve poi risultare un accurato intasamento dei vuoti in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compatta. Quando materiali di caratteristiche assai differenti, quali ghiaia o sabbia, sono estratti da fonti diverse, tali materiali dovranno essere depositati in strati alterni per la larghezza complessiva del rilevato. La DIREZIONE LAVORI può, se lo ritiene necessario e vantaggioso per il lavoro, ordinare che tali materiali siano mescolati.

g) In ogni caso, sia che si tratti di terre, sia che si tratti di rocce frantumate, il grado di uniformità dei materiali utilizzati, definito come il rapporto tra il passante al setaccio D60 e il passante al

setaccio D10 G.U. =  $D60 / D10$  dovrà essere  $> 15$ .

h) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (CNR-UNI 10008) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di  $\pm 2\%$  dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione, aerando il terreno mediante erpici, aratri a dischi o altri metodi meccanici adeguati alla tipologia del terreno ed allo spessore dello strato da aerare.

i) Il materiale impiegato per la formazione del corpo del rilevato dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm (materiale sciolto) per le terre dei gruppi A1, A2-4 e non superiore a 30 cm (materiale sciolto) per il materiale dei gruppi A2-5, A2-6, A2-7, A3 ed A4. Su ciascuna sezione trasversale i materiali impiegati per ciascuno strato dovranno essere dello stesso gruppo o sottogruppo. Ogni strato dovrà essere costipato in modo da raggiungere in ogni punto la densità secca almeno pari al 95% della densità della densità massima ottenuta per quella terra con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69); prima di porre in opera un altro strato. In relazione alla difficoltà di ottenere i prescritti valori minimi della densità AASHTO modificata e del modulo di deformazione come più avanti prescritto, l'APPALTATORE, prima di usare terre dei gruppi A2-5 e A2-7, dovrà effettuare opportune prove

(in situ e in laboratorio) che attestino la possibilità di raggiungere i prescritti parametri. Di tali prove dovrà essere informata la DIREZIONE LAVORI. Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro  $D = 600$  mm. La densità AASHTO modificata sarà determinata secondo i metodi delle prove di cui alla norma CNR-B.U. n.69 in relazione alla massima dimensione degli elementi.

j) Per ciascuno strato del corpo del rilevato, il valore del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra, secondo CNR-BU n° 146, dovrà risultare non inferiore a 20 MPa per le zone di rilevato a distanza inferiore a 1 m dai bordi dello stesso e a 40 MPa per la restante zona centrale. Tali valori dei moduli andranno determinati al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa – 0.25 MPa; in entrambi i casi, il rapporto tra i moduli del 1° e 2° ciclo non dovrà essere inferiore a 0,60. Nel caso in cui, nella verifica della compattazione mediante prova di carico su piastra (CNR-BU n° 146), il valore del rapporto tra i moduli del primo e del secondo ciclo di carico (K) risultasse inferiore a 0.60, dovrà essere predisposto, prima di procedere ai lavori, un campo prova per definire sperimentalmente il valore massimo del K ottenibile per il tipo di materiale da utilizzare. Nel corso di detta sperimentazione dovranno inoltre essere definiti:

- le caratteristiche dei rulli (tipo, peso);
- la loro velocità di avanzamento e, nel caso di rulli dinamici, frequenza delle vibrazioni; - il numero delle passate
- lo spessore massimo di ciascuno strato

Sulla scorta del valore del coefficiente K così ottenuto, verrà individuato un rango compreso tra  $\pm 10\%$  del suddetto K che definirà il campo di accettabilità delle lavorazioni.

Ogniquale volta si utilizzi materiale diverso e/o i valori di K, comunque inferiori a 0.6, siano esterni al campo di accettabilità precedentemente determinato, dovrà essere predisposto un nuovo campo prova. Al termine del campo prova dovrà essere consegnata alla DIREZIONE LAVORI una relazione contenente tutti i dati relativi al campo prova stesso.

k) La superficie superiore degli strati avrà una pendenza trasversale pari a circa il 3% e comunque tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; dovrà essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza dovrà essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo le livellatrici e apposite squadre di operai.

l) Le scarpate dei rilevati dovranno essere inerbite secondo le prescrizioni riportate nel relativo paragrafo

m) Le eventuali banche laterali antirifiuto dovranno essere realizzate con gli stessi materiali e modalità costruttive del corpo del rilevato.

n) Nel caso di allargamento di un rilevato esistente, previa asportazione dello strato di terreno vegetale umifero, si dovrà ritagliare, con ogni cautela, a gradoni orizzontali la scarpa del corpo del rilevato su cui andrà addossato il nuovo materiale, avendo cura di procedere per fasi, facendo immediatamente seguire ad ogni gradonatura (dell'altezza massima di 50 cm) la stessa del relativo nuovo strato (tale da coprire la gradonatura stessa) ed il suo costipamento, in modo da assicurare comunque la viabilità del rilevato esistente. Nel caso di interruzione e/o sospensione delle lavorazioni sul corpo del rilevato e ogni volta che la stesa dello strato di terreno successivo venga effettuata oltre le 72 ore dalla compattazione dello strato sottostante, è necessario spargere, subito dopo la compattazione e per l'intera larghezza del rilevato, fitociti, antigerminali o anche taletissici. Prima della ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che eventualmente vi si fosse insediata, dovrà essere aerata, praticandovi, inoltre dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali come quelli finora impiegati e dovranno essere ripetute le prove di controllo delle compattazioni.

o) L'ultimo strato del rilevato o supercompattato dovrà essere realizzato come riportato al relativo paragrafo

p) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Appaltatore.

q) In base alle caratteristiche dei terreni di base dei rilevati vanno rispettati i programmi

previsti in progetto per la costruzione dei rilevati stessi in modo che gli eventuali provvedimenti di bonifica o di acceleramento del consolidamento del terreno di posa, possano essere ultimati in tempo utile a garantire che gli assestamenti residui siano non superiori al 10% dei cedimenti teorici e siano comunque inferiori a 5 cm.

### 3.2.7. Strato “Supercompattato”

La superficie costituente il piano di posa del sub-ballast, sia in trincea che in rilevato, sarà realizzata mediante formazione di uno strato di terra compattato di spessore non inferiore a 30 cm (spessore finito).

Per la realizzazione dovranno essere rispettate le seguenti prescrizioni:

a) Dovranno essere impiegate terreni delle categorie A1,A2-4 e A3 o una miscela di materiali granulari con l'eventuale aggiunta di legante naturale passante al setaccio 0.4 UNI. Il terreno utilizzato dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- dimensione non superiore a 71 mm, con forma non appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria compresa in uno dei due fusi (A o B) (Norme UNI EN 13242/2008, UNI EN 13285/2004, UNI ISO EN 14688-1/2003) Strati di fondazione con le relative limitazioni e tolleranze;

- perdita in massa, determinata con la prova Los Angeles (CNR-BU n 34), eseguita sulle singole pezzature, non superiore al 50%;

- equivalente in sabbia (CNR-BU n. 27), misurato sulla frazione passante al crivello 5, compreso tra 25 e 65. La Direzione Lavori si riserva la facoltà di variare il limite superiore dell'equivalente in sabbia in funzione delle caratteristiche del materiale. Con coefficiente di disuniformità maggiore di 7. Per tutti i materiali aventi equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35, la Direzione Lavori richiederà in ogni caso, anche se la miscela contiene più del 60% in massa di elementi frantumati, la verifica dell'indice di portanza CBR di cui al successivo punto .

b) Indice di portanza CBR (UNI-EN 13286-47/2008), all'umidità ottima di costipamento, dopo quattro giorni di imbibizione di acqua eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25, non minore di 50.

- La miscelazione del materiale e la posa in opera dovranno essere eseguite in maniera da garantire l'omogeneità della granulometria che deve sempre rientrare nel fuso scelto (Norme UNI EN 13242/2008, UNI EN 13285/2004, UNI ISO EN 14688-1/2003).

c) Se le miscele contengono oltre il 60% in massa di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione dovrà avvenire sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti punti.

d) Dovranno comunque essere esclusi terreni di natura pozzolanica od altri materiali piroclastici.

e) Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua (UNI CEN ISO/TS 178921/2005) prossimo all'ottimale; qualora il contenuto d'acqua si discosti di  $\pm 2\%$  dal valore ottimale, l'eventuale aggiunta di acqua avverrà mediante dispositivi spruzzatori e l'eventuale essiccamento avverrà per evaporazione.

f) Le operazioni di posa in opera e compattazione non dovranno essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stesso. Nel caso di

g) ammaloramenti dovuti a tali cause, la parte deteriorata dovrà essere rimossa e ricostruita a cura e spesa dell'Appaltatore.

h) Per il costipamento e la rifinitura saranno impiegati rulli vibranti semoventi. L'idoneità delle attrezzature e delle tecniche di costipamento verranno verificate con una prova sperimentale in situ impiegando i materiali risultanti dagli studi preliminari in un campo prova sul quale si eseguiranno le determinazioni del modulo di deformazione mediante prova di carico su piastra e della densità. Se la misura in situ riguarda materiale contenente fino al 25% in massa di elementi di dimensioni maggiori di 25 mm, la densità di riferimento (AASHTO modificata), ottenuta in laboratorio, dovrà essere aumentata in base alla formula:

$$dc = \frac{100}{\frac{100-x}{da} + \frac{x}{pc}}$$

dove:

dc = densità corretta;

da = densità AASHTO modificata;

x = percentuale in massa degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm;

pc = Massa volumica reale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm.

Rispetto al valore della densità così aumentata si applicherà la prescrizione del 98%.

- i) Se la percentuale degli elementi di dimensione maggiore di 25 mm e' compresa tra il 25 % ed il 40 %, al termine x dovrà sempre essere assegnato il valore 25.
- j) Dopo il costipamento, in ogni punto la densità secca non dovrà essere inferiore al 98% della massima ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione Md, misurato in condizioni di umidità prossime a quella ottima di costipamento, mediante prova di carico su piastra non dovrà essere inferiore a 80 MPa al primo ciclo di carico e inoltre il rapporto dei moduli del 1° e 2° ciclo dovrà essere non inferiore a 0.60 (CNR-BU n. 146). Qualora quest'ultimo valore non fosse conseguibile si dovrà fare riferimento a quanto previsto al relativo punto.
- k) Sulla sommità dello strato supercompattato, per l'intera larghezza della piattaforma, subito dopo la compattazione, si dovrà intervenire con fitociti, antigerminali o anche taletossici.

### **3.3. PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI**

- a) In merito all'individuazione dei materiali provenienti dagli scavi e riutilizzabili per la costruzione delle opere in terra, sarà cura ed onere dell'APPALTATORE, prima dell'inizio dei lavori, esperire una campagna di indagini allo scopo di fornire alla DIREZIONE LAVORI un'esauriente documentazione sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali che per quanto concerne la disponibilità in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori. Qualora i quantitativi dei materiali individuati fossero insufficienti alle esigenze di costruzione, sarà cura dell'APPALTATORE presentare anche un'analogha documentazione relativa alle cave di prestito.
- b) La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla DIREZIONE LAVORI;
- c) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere all'aerazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.
- d) In presenza di paramenti flessibili e murature laterali la compattazione a ridosso delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione nell'addensamento e nel contempo il danneggiamento delle opere stesse. In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino ad una distanza inferiore a 1.5 m. da opere preesistenti. A ridosso dei manufatti l'APPALTATORE dovrà usare mezzi di compattazione leggeri quali piastre vibranti, rulli azionati a mano, provvedendo a garantire i requisiti di deformabilità e densità richiesti anche operando su strati di spessore ridotto. Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi , ecc. dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.
- e) Sarà cura dell'APPALTATORE fare effettuare le prove in sito e di laboratorio, così come quelle integrative che la DIREZIONE LAVORI ritenesse necessarie per accertare la qualità del lavoro.
- f) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere al controllo e al contenimento di acque di falda e superficiali, provvedendo alla costruzione delle opere di drenaggio definitive ed alla realizzazione di tutte le opere provvisionali (well-point, palancole, deviazioni, aggettamenti,

etc.) atte a garantire la qualità del lavoro da eseguire ed a garantire altresì il regolare deflusso delle acque.

g) Sarà cura dell'APPALTATORE, provvedere alla fornitura ed al trasporto dei materiali provenienti da cave di prestito, così come di quelli provenienti dagli scavi.

h) Nel caso in cui, in qualsiasi fase di lavoro, siano rinvenuti oggetti o oggetti di valore od oggetti tutelati dalle leggi vigenti, l'APPALTATORE dovrà scrupolosamente attenersi a quanto prescritto. Tutti i materiali non appartenenti alla tipologia di cui sopra resteranno di proprietà dell'APPALTATORE.

i) Sarà onere dell'APPALTATORE provvedere alla profilatura delle scarpate, delle banchine e dei cigli ed alla costruzione degli arginelli se previsti, nonché alla maggiorazione delle dimensioni di progetto dei rilevati, per tener conto dell'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle previste nel progetto costruttivo.

j) Sarà onere dell'APPALTATORE il trasporto e lo smaltimento a discarica autorizzata di tutto il materiale di risulta (non idoneo al riutilizzo o comunque esuberante) proveniente dagli scavi o da scarti di vagliatura del materiale accantonato per il riutilizzo.

k) Sarà cura dell'APPALTATORE, durante tutte le fasi di lavorazione, provvedere alla protezione e conservazione dei manufatti esistenti ed all'eventuale ricostruzione, in caso di danneggiamento o temporanea rimozione, nello stato in cui si trovavano prima della effettuazione dei lavori.

m) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere alla pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di cantiere che alla viabilità esterna, in modo da preservare l'integrità delle superfici stradali percorse dai mezzi dell'APPALTATORE e di garantire costantemente la percorribilità delle strade anche in relazione agli aspetti concernenti la sicurezza.

n) Sarà cura dell'APPALTATORE provvedere programmare i lavori conformemente alle fasi costruttive previste in progetto e verificare che i dati provenienti dal monitoraggio in corso d'opera siano rispondenti a quelli previsti in progetto. Nel caso in cui si verificano degli differenze, dovrà essere tempestivamente informata la DIREZIONE DEI LAVORI. Sarà inoltre onere dell'APPALTATORE raccogliere e consegnare alla DIREZIONE DEI LAVORI i dati del monitoraggio, con cadenza almeno mensile.

### **3.4. CONTROLLI – PRESCRIZIONI GENERALI**

L'APPALTATORE potrà eseguire le prove di controllo in proprio o tramite un laboratorio qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI. Il personale addetto dovrà essere di provata esperienza ed affidabilità; il numero dei tecnici nonché quello delle attrezzature effettivamente disponibili dovrà essere tale da poter esperire le prove in sito ed in laboratorio con tempestività, continuità e con le frequenze previste.

Le prove di laboratorio dovranno essere eseguite in una sede adeguatamente attrezzata e capiente distaccata presso il cantiere dell'APPALTATORE ed accessibile alla DIREZIONE LAVORI. Prima di iniziare i lavori l'APPALTATORE dovrà trasmettere alla DIREZIONE LAVORI l'elenco del personale, delle attrezzature di prova nonché i certificati di calibrazione e taratura delle apparecchiature; durante i lavori l'esito delle prove dovrà essere trasmesso tempestivamente su appositi moduli. Tutti gli oneri conseguenti alla effettuazione e certificazione delle prove di cui al presente articolo devono intendersi a totale carico dell'APPALTATORE.

Prima di iniziare i lavori in oggetto, l'APPALTATORE dovrà disporre di un P.C.Q. approvato dalla DL, per ogni opera da eseguire. Le prove saranno eseguite presso il laboratorio, qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio qualificato; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato, ed allegato al P.C.Q. e farà parte del dossier di qualità dell'opera.

Per le prove in situ, su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- le caratteristiche identificative del lotto testato

- la data di esecuzione del test
- i risultati ottenuti
- il nome e firma del controllore

Per le prove di piastra su ciascun certificato dovrà essere chiaramente indicato:

- l'opera di riferimento
- la provenienza del materiale testato, con indicazione del lotto o qualsiasi altro elemento identificativo;
- il nominativo dell'operatore che ha eseguito la prova;
- data e luogo della prova;
- visto di chi ha approvato l'emissione del certificato;

L'esito di tutte le prove e di tutti i controlli effettuati dovrà essere trasmesso alla DIREZIONE LAVORI. La DIREZIONE LAVORI potrà indicare, a sua discrezione, i punti per il campionamento dei materiali e per l'esecuzione delle prove in situ.

### **3.5. CONTROLLI SUGLI SCAVI**

#### **3.5.1 Scavi a mano o a macchina**

Sono richiesti i seguenti controlli:

##### *3.5.1.1 Controllo della geometria*

Questo controllo sarà eseguito dall'APPALTATORE durante l'esecuzione di ogni singolo scavo o lotto di scavo (scavo di trincee e piani di posa delle opere in terra) ed in ogni caso con la frequenza necessaria affinché gli scavi siano eseguiti secondo le pendenze, le dimensioni, lo stato delle superfici e le quote di progetto. I risultati delle verifiche finali saranno annotati con la data e la firma del verificatore sull'apposita scheda prevista dal P.C.Q.

##### *3.5.1.2 Controllo della densità secca*

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra. La prova in oggetto sarà effettuata quando all'APPALTATORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo. La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m<sup>2</sup> o su lotti di scavo di 1000 m<sup>2</sup>.

##### *3.5.1.3 Controllo del modulo di deformazione*

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

La prova in oggetto sarà effettuata quando all'APPALTATORE è richiesto di effettuare lavori di compattazione sul fondo dello scavo. La prova sarà eseguita su ogni singolo scavo, se di dimensioni inferiori a 1000 m<sup>2</sup>. o su lotti di scavo di 1000 m<sup>2</sup>.

### **3.6. CONTROLLI SUI RINTERRI**

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il P.C.Q. completo delle relative schede per il controllo delle attività. Per le terre trattate a calce, oltre a quanto previsto di seguito, si dovrà fare riferimento a quanto richiesto nell'annesso al presente documento.

### **3.6.1. Controlli sui materiali**

Prima della posa in opera dei materiali da utilizzare dovrà essere controllato che essi appartengano alle classi ritenute idonee per il tipo di rinterro da effettuare. Il controllo dovrà essere effettuato con le seguenti frequenze minime:

- materiale proveniente da scavo: una prova ogni 3.000 mc.
- materiale proveniente da cava: non si effettueranno prove in campo ma il materiale dovrà provenire da cava qualificata dall'APPALTATORE e accompagnato da relativo certificato (per ogni lotto omogeneo di materiale) emesso dalla cava, attestante la specifica ed i controlli sulla qualità del materiale in accordo alle procedure di C.Q. Il controllo sulla tipologia del materiale si ridurrà quindi al controllo del certificato.

### **3.6.2. Controllo della densità secca**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta per ciascuna tipologia di opera in terra. Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

### **3.6.3. Controllo del modulo di deformazione**

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli rispettivamente richiesti per ciascuna tipologia di opera in terra.

Per ciascuno strato di bonifica, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato; per ciascuno strato di riempimento di scavi, dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 2000 mc, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

### **3.6.4. Controllo dello spessore degli strati**

Si dovrà misurare lo spessore dello strato di materiale da compattare (materiale sciolto) e controllare che siano rispettati i valori previsti nei paragrafi precedenti. Il controllo dovrà essere effettuato per ogni strato steso e almeno ogni 200 m.

## **3.7. CONTROLLI SUI RILEVATI**

Il modello da applicare per la gestione e la certificazione dei controlli è il P.C.Q. completo delle relative schede per il controllo delle attività.

Per le terre trattate a calce, oltre a quanto previsto di seguito, si dovrà fare riferimento a quanto richiesto nell'annesso 1 al presente documento.

### **3.7.1. Rilevati ferroviari**

Gli scavi del terreno al disotto del piano di campagna dovranno essere effettuati con le modalità ed i controlli di cui al relativo punto.

#### *3.7.1.1 Controlli sui materiali*

##### Piano di posa

I materiali utilizzati nel caso della bonifica del piano di posa del rilevato o di riempimento, per raggiungere la quota del piano di posa del rilevato, verranno controllati secondo quanto previsto nel relativo paragrafo

### *3.7.1.2 Corpo del rilevato*

Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati per il primo strato del corpo del rilevato (anticapillare relativo paragrafo) e per tutto il corpo del rilevato, i controlli verranno effettuati come di seguito indicato. Per i materiali provenienti da cave, precedentemente qualificate dall'APPALTATORE, l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso il controllo per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurrà quindi al controllo del certificato. Nel caso di impiego di materiali di natura diversa da quelli approvati in sede di qualificazione del materiale la DIREZIONE LAVORI deciderà l'effettuazione del tipo e quantità di prove da effettuare.

Per materiali provenienti da scavo le prove avverranno sullo scavo di approvvigionamento, con una frequenza di una prova ogni 3000 m<sup>3</sup> di materiale scavato, ed in ogni caso ogni qualvolta cambi la tipologia del materiale scavato. Nel caso di impiego di rocce tufacee, all'atto della posa in opera dei rilevati dovrà essere controllato, mediante setacciatura, che i materiali con pezzatura compresa tra 7.1 e 25 cm siano presenti nella percentuale ammessa. Il controllo verrà effettuato con frequenza minima di almeno 1 ogni 3000 m<sup>3</sup>.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al relativo paragrafo.

### *3.7.1.3 Controlli sul contenuto d'acqua dei materiali*

Per il corpo del rilevato, prima della compattazione, dovrà essere determinato (UNI CEN ISO/TS 17892-1/2005) il contenuto d'acqua del materiale da utilizzare, e confrontato con i limiti stabiliti. Nel caso ci sia la necessità di variarlo, mediante l'aggiunta di acqua o mediante evaporazione, la determinazione del contenuto d'acqua verrà ripetuta anche dopo le suddette operazioni. La frequenza dei controlli sarà di 1 ogni 10000 mc e comunque almeno 1 ogni strato da compattare.

### *3.7.1.4 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati*

Si dovranno misurare gli spessori massimi degli strati stesi, prima della loro compattazione e controllare che non siano superiori a quelli indicati per questo tipo di opera. Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto e che le scarpate dei rilevati mantengano pendenze non superiori a quelle riportate in progetto. I sopraccitati controlli saranno effettuate per ogni strato e almeno 1 per ogni 1000 mq.

### *3.7.1.5 Controlli sulla densità secca*

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta rispettivamente per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato. Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato. Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato. Nel caso di utilizzo, preventivamente approvato, di frammenti di roccia, non verrà effettuata la prova per la determinazione della densità secca. Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al successivo relativo paragrafo

### *3.7.1.6 Controllo del modulo di deformazione*

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato. Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 4000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato. Per lo strato anticapillare e per il corpo del rilevato dovrà essere eseguita, sia sul bordo sia al centro del rilevato stesso, almeno 1 prova ogni 2000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

Per i controlli dei materiali dell'ultimo strato del rilevato (supercompattato) si rinvia al relativo paragrafo.

#### *3.7.1.7 Controllo della geometria del rilevato*

Dovranno essere misurate, su tutta la lunghezza dei rilevati, l'altezza del rilevato, la larghezza delle banchine (se presenti) e la differenza di quota banchina-ciglio del rilevato o altra banchina, e verificare che siano conformi al progetto.

#### *3.7.1.8 Monitoraggi*

Dovranno essere effettuate tutte le misure di controllo previste nel piano di monitoraggio in corso d'opera, con le frequenze indicate in progetto. I dati dovranno essere comunicati alla DIREZIONE DEI LAVORI, mediante una relazione nella quale sono messe a confronto le previsioni di progetto, fino alla data di redazione della relazione e tutte le misure effettuate nella stessa data. Detta relazione dovrà essere redatta con la frequenza riportata in progetto e comunque non superiore a 30 giorni.

### **3.8. CONTROLLI SULLO STRATO SUPERCOMPATTATO**

#### **3.8.1. Rilevati e trincee ferroviarie**

##### *3.8.1.1 Controlli sui materiali*

Il materiale in opera dovrà presentarsi uniformemente miscelato, privo di segregazione dei suoi costituenti. Per verificare l'accettabilità dei materiali utilizzati, i controlli della granulometria del materiale, della determinazione del C.B.R., della prova Los Angeles, del coefficiente di disuniformità e dell'equivalente in sabbia, verranno effettuati in cave precedentemente qualificate dall'APPALTATORE; l'accettazione è subordinata alla presentazione del dossier di qualifica della cava, completo dei certificati di qualifica del materiale stesso ed approvato dalla DIREZIONE LAVORI. In questo caso i controlli per la rispondenza dei requisiti dei materiali si ridurranno al controllo del certificato. L'equivalente in sabbia dovrà essere determinato anche dopo il costipamento, presso il laboratorio, qualificato dall'APPALTATORE e approvato dalla DIREZIONE LAVORI, o, in situ, dal personale dello stesso laboratorio qualificato; l'esito di ciascuna prova verrà riportato su un apposito certificato. Queste prove verranno effettuate con una frequenza minima di 1 prova ogni 1000 mc.

##### *3.8.1.2 Controlli sulla posa in opera dei materiali e sul livellamento degli strati*

Si dovrà misurare lo spessore massimo dello strato e verificare che non sia inferiore a quelli di progetto, con una tolleranza di più o meno del 5%, purché questa differenza si presenti solo saltuariamente. Si controllerà inoltre che la pendenza trasversale della superficie superiore dello strato finito, dopo compattazione, sia quella di progetto. La superficie finita non dovrà scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm controllato con un regolo di m 4,50 di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali.

I sopracitati controlli saranno effettuati con una frequenza di almeno 1 per ogni 1000 m<sup>2</sup>.

##### *3.8.1.3 Controlli sulla densità secca*

Dopo la compattazione si dovrà controllare che la massima densità secca raggiunta sia almeno pari a quella richiesta. La frequenza dei controlli dovrà essere almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

##### *3.8.1.4 Controllo del modulo di deformazione*

Dopo la compattazione si dovrà controllare che il modulo di deformazione raggiunto e il valore

del coefficiente K siano almeno pari a quelli richiesti per il piano di posa, per lo strato di anticapillare e per il corpo del rilevato. Per il piano di posa dovrà essere eseguita almeno 1 prova ogni 1000 m<sup>2</sup>, e comunque almeno 1 prova per ogni strato di materiale compattato.

### **3.9. NORMATIVE RICHIAMATE NEL TESTO**

- CNR B.U. n° 27 Metodo di prova per la misura dell'equivalente in sabbia
- CNR B.U. n°29 Norme sui misti cementati
- CNR B.U. n° 34 Determinazione della perdita in peso per abrasione di aggregati lapidei con l'apparecchio Los Angeles
- CNR B.U. n° 69 Norme sui materiali stradali. Prova di costipamento di una terra
- CNR B.U. n° 146 Determinazione del modulo Md e m'd mediante prova di carico a doppio ciclo con piastra circolare
- CNR B.U. n° 36 Norme sulla composizione di terre stabilizzate a calce.
- UNI EN 13242/2008 Proprietà degli aggregati
- UNI EN 13285/2004 (Miscele non legate di aggregati)
- UNI ISO 14688-1/2003 (Identificazione e classificazione terre naturali)
- UNI CEN ISO/TS 17892-1/2005 (Prove sui materiali stradali. Umidità di una terra)
- UNI EN 13286-47 /2006 (Prove sui materiali stradali. Indice di portanza cbr di una terra)

## **4. SUB-BALLAST E PAVIMENTAZIONI STRADALI**

### **4.1 CAMPO DI APPLICAZIONE ONERI E PRESCRIZIONI GENERALI**

#### **4.1.1 Campo di applicazione**

I lavori oggetto della presente sezione sono suddivisi in:

- Pavimentazione di opere stradali accessorie;
- Sub ballast ferroviario;

#### **4.1.2 Oneri**

Rientrano tra gli oneri dell'APPALTATORE: tutti quelli diretti e indiretti derivanti dall'applicazione delle presenti prescrizioni esecutive, in particolare:

L'Appaltatore dovrà eseguire o far eseguire tutte le prove e i controlli di qualità previsti dalle presenti prescrizioni, così come quelli integrativi che la Direzione Lavori ritenesse necessarie in base a motivate esigenze tecniche; a tal scopo dovrà fornire la manodopera, le attrezzature, le opere provvisorie, i ponteggi in quantità e tipologie adeguate alla esecuzione delle prove medesime.

Sono a carico dell'APPALTATORE gli oneri necessari per il prelievo, confezionamento, trasporto di campioni di materiali da sottoporre a prove fisico – chimico - meccaniche nonché i costi di esecuzione di queste ultime a cura di Laboratori Ufficiali o Autorizzati che dovranno ottenere il preventivo gradimento scritto da parte della Direzione Lavori.

Per consentire l'effettuazione delle prove in tempi congruenti con le esigenze di avanzamento dei lavori, l'Appaltatore dovrà disporre di uno o più laboratori attrezzati per la esecuzione delle prove previste. L'eventuale laboratorio di cantiere dovrà avvalersi di personale qualificato e numericamente adeguato al numero e tipo di prove da eseguire.

Poiché la produzione e posa in opera del conglomerato bituminoso è equiparato ad un "processo speciale" (Norma UNI EN ISO 9001) gli addetti alla produzione e alla posa in opera dovranno essere stati prequalificati, a cura dell'Impresa o del produttore secondo idonee procedure, approvate dal Direttore dei Lavori, che prevedano almeno le seguenti attività di istruzione:

- elaborazione di nozioni tecniche (tecnologia, sicurezza, manutenzione attrezzature);
- addestramento teorico - pratico;

Tutti gli impianti di produzione o trattamento dei materiali, così come tutti i materiali impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla DL a seguito delle attività di qualifica svolte dall'APPALTATORE in linea con le specifiche di cui al punto precedente.

Dovranno essere elaborate, a cura dell'Appaltatore e sottoposte all'approvazione della Direzione Lavori, le Istruzioni operative per la qualifica dell'impianto di confezionamento dei prodotti che costituiranno le pavimentazioni stradali: conglomerati bituminosi, stabilizzati calce/cemento, stabilizzati granulometrici, loppe, etc.... e le istruzioni per la posa degli stessi prodotti.

L'Appaltatore dovrà provvedere a tutti gli adempimenti (autorizzazioni, deviazioni temporanee, ripristini, collaudo di Enti preposti, etc) previsti dalle normative vigenti relativamente alla effettuazione dei lavori e all'esercizio della viabilità ordinaria.

L'Appaltatore dovrà provvedere alla fornitura e al trasporto dei materiali provenienti da cave esterne in aggiunta a quelli eventualmente provenienti dagli scavi.

La ricerca e il reperimento delle cave, quando non già indicate in progetto, dovranno essere basati su una accurata valutazione temporale e quantitativa dei materiali necessari da sottoporre alla Direzione Lavori per il preventivo benessere almeno 30 giorni prima dell'inizio dei lavori.

Prima di dare inizio ai lavori l'Appaltatore dovrà comunicare alla Direzione Lavori l'ubicazione degli

impianti di provenienza dei materiali trattati o premiscelati che saranno utilizzati per realizzare le opere previste nelle presenti prescrizioni.

L'Appaltatore dovrà condurre le indagini necessarie ad accertare la eventuale presenza di manufatti interrati di qualsiasi natura (cunicoli, tubazioni, cavi, etc.) che possano interferire con le opere da realizzare o che possano essere danneggiati o comunque arrecare danno durante l'effettuazione dei lavori. Tali indagini e le eventuali rimozioni e modifiche da eseguire dovranno in ogni caso essere completate prima dell'inizio delle lavorazioni.

L'Appaltatore dovrà verificare che il numero, la potenza e la capacità operativa delle attrezzature siano tali da consentire una produttività congruente con i programmi di lavoro previsti.

Nel caso in cui durante il corso dei lavori l'Appaltatore ritenga opportuno variare le metodologie esecutive precedentemente approvate sarà sua cura effettuare le nuove prove preliminari eventualmente necessarie al fine di ottenere l'autorizzazione della Direzione Lavori.

#### **4.1.3 Controlli**

Prima che venga messo in opera lo strato successivo, ogni strato della pavimentazione stradale dovrà essere sottoposto alle prove di controllo prescritte nelle presenti prescrizioni.

Il numero delle prove di cui sopra deve ritenersi il minimo previsto; l'incidenza potrà essere incrementata su richiesta della DL per motivate ragioni tecniche.

L'APPALTATORE dovrà eseguire le prove di controllo presso un Laboratorio ufficiale o qualificato dallo stesso APPALTATORE e approvato dalla Direzione Lavori.

La Direzione Lavori, in base a giustificati motivi, potrà incaricare l'Istituto Sperimentale delle Ferrovie per l'esecuzione di controlli e prove sulle opere nonché ispezioni nei Laboratori con o senza preavviso. L'onere relativo a tali controlli sarà a carico dell'Appaltatore

#### **4.1.4 Preavvisi**

Durante l'esecuzione di opere che per effetto di operazioni successive possano rendersi inaccessibili o comunque non ispezionabili, l'Appaltatore dovrà sempre dare la prescritta informazione alla Direzione lavori prima di procedere con le fasi successive; nel caso in cui l'Appaltatore non ottemperasse a quanto sopra la Direzione Lavori potrà richiedere di mettere a nudo le parti occultate o di rendere comunque accessibili le opere non ispezionate.

Le prestazioni necessarie per quanto sopra dovranno essere eseguite a cura e spese dell'Appaltatore.

### **4.2 RIFERIMENTI NORMATIVI**

I lavori saranno eseguiti in accordo alla normativa vigente.

In particolare, ma non limitatamente, l'APPALTATORE dovrà rispettare le prescrizioni e adempiere agli obblighi derivanti dalle leggi e normative riportate in appendice 1 nonché, dove applicabili, da tutte quelle richiamate dalle sezioni di capitolato a cui il testo fa riferimento.

### **4.3 PAVIMENTAZIONI STRADALI**

#### **4.3.1 Tipologie e caratteristiche delle pavimentazione**

Le caratteristiche costruttive per le differenti tipologie sono di seguito definite:

##### **a - Pavimentazione per strada di categoria A**

Per le strade di categoria A la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 20;

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati, dello spessore finito non minore di cm 25;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 10;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

#### **b - Pavimentazione per strada di categoria B**

Per le strade di categoria B la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato anticapillare di sottofondazione, dello spessore minimo finito non minore di cm 15;
- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati compattati, dello spessore finito non minore di cm 20;
- strato di base, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 3.

#### **c - Pavimentazione per strada di categoria C**

c1 - Per le strade "minori" la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 20;

- strato in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4;

c2 - Per le strade "poderali o campestri" la pavimentazione dovrà essere costituita da:

- strato di fondazione, di aggregati stabilizzati e compattati dello spessore finito non minore di cm 25, saturato con graniglia o pietrischetto.

#### **d - Pavimentazione su impalcati stradali per strade di categoria A-B-C**

La pavimentazione su impalcati stradali dovrà essere costituita da:

- strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

#### **e - Pavimentazione su massicciata ferroviaria**

In corrispondenza di passatoie e/o in aree di manovra attraversate da binari ferroviari la pavimentazione dovrà essere realizzata con le seguenti modalità:

- accurata pulizia della superficie della massicciata ferroviaria per eliminazione della polvere - spandimento di emulsione bituminosa in ragione di 1.0 - 1.5 kg/m<sup>2</sup>.
- formazione di uno strato di collegamento (binder), in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 8;
- formazione di tappeto di usura, in conglomerato bituminoso dello spessore finito non minore di cm 4.

#### **f - Massicciata stradale a semipenetrazione**

E costituita da pietrisco di pezzatura compresa tra 40 e 71 mm e con coefficiente Los Angeles non superiore a 30, dello spessore finito di 10 cm: il trattamento di semipenetrazione è effettuato con emulsione bituminosa a 28 dm<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> di pietrischetto di pezzatura compresa fra 10 e 25 mm, nella seconda con 1,5 kg/m<sup>2</sup> di emulsione bituminosa e 12 dm<sup>3</sup> /m<sup>2</sup> di graniglia compresa fra 5 e 10 mm.

I materiali da impiegare devono rispondere ai seguenti requisiti sopra specificati per i materiali inerti e per i bitumi.

Il pietrisco deve essere steso in un unico strato, il costipamento va effettuato con rulli compressori di massa non inferiori a 14 t che operano a velocità comprese tra 1,5 e 3 km/ora: Il rullo deve procedere dai margini verso il centro a fasce parallele ricoprendosi l'una con l'altra almeno per una zona larga 20 cm. Nel costipare la prima fascia marginale deve essere costipata, dove esista, anche una fascia di 20 cm di banchina. Dopo il primo passaggio di rulli si deve umidificare, con innaffiatori, evitando il rifluimento in superficie. Per evitare, nell'ultima fase di costipamento, di ridurre il materiale a pezzatura



modificati.

Bitumi di base ed emulsioni bituminose acide

I bitumi per impiego stradale di normale produzione (definiti di base) devono rispettare i requisiti indicati nella Tabella III.

Le caratteristiche delle emulsioni bituminose acide sono invece riportate in tab. IV.

**Tabella III - Caratteristiche dei bitumi di base**

Caratteristiche	Unità misura	Bitume B 50-70	Bitume B 80-100	Normativa di riferimento
1 –Penetrazione a 25°C	1/10 mm	50-70	80-100	CNR-BU n° 24
2 –Indice di penetrazione	-	-1/+1	-1/+1	CNR-BU n° 35
3 –Punto di rammollimento	°C	47-56	44-49	CNR-BU n° 43
4 –Punto di rottura (Fraass) (min)	°C	-7	-10	CNR-BU n° 44
5 –Duttilità a 25°C (min)	cm	80	100	CNR-BU n° 50
7 –Perdita per riscaldamento (Volatilità)	%	0,2	0,5	CNR-BU n° 66
a T=163°C (max)	%	2,5	2,5	
8 –Contenuto di paraffina (max)				

**Tabella IV - Caratteristiche delle emulsioni bituminose acide**

Caratteristiche	Unità misura	Valori	Normat. Riferim.
1 –Contenuto di acqua	% in massa	30-35	CNR-BU n° 100
2 –Contenuto di legante	% in massa	65-70	LCPC
3 –Contenuto di bitume	% in massa	> 65	CNR-BU n° 102
4 –Contenuto di flussante	% in massa	2-3	CNR-BU n° 99
5 –Demulsività	% in massa	40-70	CNR-BU n° 24
6 –Adesione	%	> 90	CNR-BU n° 35
7 –Viscosità Engler a 20°C	°E	> 10	
8 –Carica particelle	1/10 mm	positiva	
Caratteristiche del bitume estratto	°C	< 220	
Penetrazione a 25°C		> 35	
Punto di rammollimento			

a2 - Bitumi modificati ed emulsioni bituminose modificate <B>

I bitumi di base possono essere modificati, al fine di ottenere migliori prestazioni dalle miscele, in raffineria o tramite lavorazioni successive mediante aggiunta di polimeri (elastomeri e loro combinazioni). La miscela può essere realizzata con idonei dispositivi di miscelazione secondo il processo tecnologico definito “soft”, oppure secondo quello definito “hard”.

Le caratteristiche del bitume modificato dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione del Direttore dei Lavori che sentirà in proposito la competente sezione di Ingegneria.

**Strato di base Aggregati**

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di base dovranno essere conformi a quanto previsto in CNR-BU n. 139.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel bollettino sopracitato e in CNR-BU n. 93.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei che non dovranno avere forma appiattita, allungata o

lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 25% del totale (CNR-BU n. 34)
- 90% di elementi con almeno due facce di rottura;
- coefficiente di imbibizione (CNR-BU n. 137) inferiore a 1%;

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e di frantumazione; la percentuale di queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma comunque non dovrà essere inferiore al 70% della miscela delle sabbie che dovranno rispondere al seguente requisito:  
- equivalente in sabbia determinato secondo CNR-BU n.27 non inferiore a 70.

Gli eventuali additivi, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- passante in massa al setaccio UNI 0,18 (ASTM n 80) 100%:
- passante in massa al setaccio UNI 0,075 (ASTM n 200): 90 -100%.

La granulometria dovrà essere eseguita per via umida.

L'Appaltatore dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m3 di conglomerato bituminoso fornito.

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati possono essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume-aggregato (agenti tensioattivi di adesività). Potranno essere impiegati negli strati di base e di collegamento mentre per quello di usura lo saranno a esclusivo giudizio del Direttore dei Lavori e senza che l'Appaltatore possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori autorizzati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori. L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### Legante bituminoso

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al relativo punto

#### Miscela

Il tenore di bitume dovrà essere compreso tra il 3,5% e il 4,5% riferito alla massa totale degli aggregati.

Il conglomerato bituminoso di base dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tabella V:

**Tabella V - Fuso granulometrico per conglomerato bituminoso di base**

Setaccio	100	85-100	75-100	60-90	48-75	40-65	28-50	20-40	9-20	5-13	3-8
Passante % in massa	40	31.5	25.4	19.1	12.7	9.52	4.0	2.0	.42	.175	.0074

valore della Stabilità Marshall (CNR-BU n.30) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non inferiore a 8 kN; inoltre il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la Stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2,5 kN;

gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 4% e 7%.

perdita di stabilità Marshall: non superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);

trazione indiretta con la prova Brasiliana (CNR-BU n° 134) non minore di 0.5 N/mm<sup>2</sup>.

I provini per le misure di stabilità, rigidezza e trazione indiretta dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

La temperatura all'atto della compattazione dovrà essere uguale a quella della stesa.

#### Controllo dei requisiti di accettazione

L'Appaltatore ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove sperimentali richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione. L'Appaltatore è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'Appaltatore avrà ricavato la composizione ottimale.

La Direzione Lavori si riserva di approvare le miscele o di fare eseguire nuove sperimentazioni.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore al 5%, di sabbia superiore al 3%, e di additivo dell'1,5% sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica definita nello studio preliminare.

Per la quantità di bitume non sarà tollerato uno scostamento dalla percentuale stabilita maggiore di più o meno lo 0,3%.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'Appaltatore un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

In quest'ultimo laboratorio dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o a quella della tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
  - ✓ massa volumica (CNR-BU n. 40) sulla media di quattro prove;
  - ✓ percentuale di vuoti (CNR-BU n.39) sulla media di quattro prove;
  - ✓ stabilità e rigidità Marshall. (CNR-BU n.30)
- la verifica dell'umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essicatore e ogni altro controllo ritenuto opportuno dalla Direzione Lavori.

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli mensili:

- taratura delle bilance e dei termometri dell'impianto,;
- verifica delle caratteristiche del bitume.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Appaltatore dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati che dovrà far parte integrante della documentazione finale della qualità.

In corso d'opera e in ogni fase delle lavorazioni la Direzione Lavori effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle

prescrizioni contrattuali.

#### Confezione delle miscele

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

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

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

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

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

Si dovrà far uso di almeno 4 classi di aggregati in tramogge con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

Il tempo di mescolazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 150° e 170° C mentre quella del legante dovrà essere 5 °C superiore a quella degli aggregati salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature, gli essiccatori, le caldaie e le tramogge "calde" degli impianti dovranno essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e tarati mensilmente. L'umidità residua degli aggregati all'uscita del tamburo essiccatore non dovrà di norma superare lo 0,5%.

#### Trasporto e posa in opera delle miscele

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 80 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di fondazione, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti e alla stesa di una mano di primer bituminoso in ragione di almeno 1.0 - 1.5 kg/m<sup>2</sup>.

Qualora si dovesse procedere alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa acida (rif. Tabella IV), al 55% in massa, in ragione di 0.6 - 0.8 kg/m<sup>2</sup>.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti alle relative voci.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida (rif. Tabella IV), al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre dopo taglio e asportazione della parte terminale di azzerramento.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 130°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 150°C.

La stesa dei conglomerati dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C; gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Appaltatore.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli tutti semoventi e a rapida inversione di marcia in numero adeguato e aventi massa di almeno 14 t e caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili. L'Appaltatore prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione, o un'Istruzione operativa, nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche, in opera, del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base dell'Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza di lunghezza non inferiore a 25 (venticinque) m.

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

### Controlli finali

Al termine della compattazione lo strato di base dovrà avere una densità uniforme, in tutto lo spessore, non inferiore al 98% di quella Marshall dello stesso giorno, determinata sul materiale prelevato all'impianto o alla stesa. Tale valutazione, da determinarsi attraverso prove su carote di almeno 10 cm di diametro prelevate nei punti indicati dalla DL, sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo CNR-BU n. 40 e almeno ogni 1000 m<sup>2</sup> realizzati. Il valore risulterà dalla media di due provini che serviranno anche per la determinazione degli spessori finali. Nel caso gli spessori delle carote risultassero inferiori a quelli teorici previsti per lo strato di base si procederà al prelievo di ulteriori 4 carote rappresentative degli stessi 1000 m<sup>2</sup>.

Lo spessore medio di riferimento risulterà dalla media della lunghezza delle 6 carote prelevate. Se tale valore medio risulterà ancora inferiore allo spessore teorico, e nel caso che la pavimentazione risulti accettabile a giudizio della Direzione Lavori, verrà applicata una detrazione percentuale sulla tariffa per i 1000 m<sup>2</sup> in questione, pari alla riduzione percentuale di spessore.

In ogni caso non saranno ammessi sottospessori superiori al 15% dello spessore dello strato.

In caso di non accettabilità dello strato, si dovrà procedere a totale cura e spese dell'Appaltatore, alla rimozione e al rifacimento delle parti difettose.

Sulle carote dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume;
- granulometria degli aggregati;
- percentuale dei vuoti residui;
- trazione indiretta Brasiliana.

La superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto; tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m<sup>2</sup> di pavimentazione finita.

### **Strato di collegamento (Binder) e Strato di usura**

#### a - Caratteristiche dei materiali da impiegare

##### a1 - Aggregati

Gli aggregati dovranno avere le caratteristiche indicate relativo punto "Strato di base".

##### a2 - Legante

Il legante bituminoso dovrà avere le caratteristiche indicate al relativo punto - Tabella III.

#### b - Miscela.

Le miscele degli aggregati nel caso di strato di collegamento e tappeto di usura dovranno avere rispettivamente la composizione granulometrica contenuta nei fusi della Tabella VI.

**Tabella VI - Fusò granulometrico per strato di collegamento e tappeto di usura**

MISCELA	Serie setacci UNI	Passante % totale in massa	
		Binder	Strato di usura
Setaccio	25.4	100	-
Setaccio	19.1	85 -100	-
Setaccio	12.7	65 -100	100
Setaccio	9.52	55 -85	75 -100
Setaccio	4.0	35 -60	45 -75
Setaccio	2	25 -45	30 -55
Setaccio	0,42	10 -25	15 -30
Setaccio	0.175	7 -15	10 -20
Setaccio	0,074	5 -8	6 -10

Il passante al setaccio 0,4 dovrà essere "non plastico" (UNI CEN ISO/TS 17892-12:2005). Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà essere compreso:

- strato di collegamento tra il 4,0% e il 5,5%;
- tappeto di usura tra il 5,0% e il 7,0% ;

e dovrà comunque essere il minimo che consenta il raggiungimento dei valori di Stabilità Marshall e compattezza richiesti.

Il conglomerato bituminoso dello strato di collegamento e del tappeto di usura dovrà avere i requisiti indicati nella Tabella VII.

**Tabella VII - Requisiti fisico-meccanici dello strato di binder e del tappeto di usura**

Caratteristiche	Strato di collegamento	Tappeto di usura
a) Stabilità Marshall (kN)	10	12
b) Scorrimento (mm)	14	13,5
c) Rigidezza (a/b)	3,5	5,0
d) Vuoti residui (%)	3 6	< 3
e) Perdita stabilità Marshall (%)	25	25
f) % vuoti residui dopo rullatura	46	35

Per la preparazione dei provini per le misure di stabilità e rigidezza valgono le stesse prescrizioni

indicate per il conglomerato di base al relativo punto

Nel caso di impiego di bitumi modificati dovranno essere eseguite, per ogni 1000 m<sup>2</sup> di pavimentazione finita, le seguenti prove con i relativi limiti di accettazione:

- deformazione mediante prova d'impronta a 60°C, per un'ora, minore di 2,5 mm (CNR-BU n. 136); - prova di trazione indiretta a 25 °C maggiore di 1,2 N/mm<sup>2</sup> (CNR-BU n° 134).

Nel caso in cui la prova Marshall venga effettuata a titolo di controllo della stabilità del conglomerato prodotto, i relativi provini dovranno essere confezionati con materiale prelevato presso l'impianto di produzione e immediatamente costipato senza alcun ulteriore riscaldamento. In tal modo la temperatura di costipamento consentirà anche il controllo delle temperature operative.

**c - Controllo dei requisiti di accettazione**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al relativo punto

**d - Confezionamento delle miscele**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al relativo punto

**e - Trasporto e posa in opera delle miscele**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al punto relativo punto

**f - Controlli finali**

Valgono le stesse prescrizioni indicate per lo strato di base al punto relativo punto

## **4.4 SUB-BALLAST**

Lo strato di sub-ballast dovrà essere eseguito con conglomerato bituminoso impastato a caldo in adatto impianto di miscelazione di tipo stradale o con strato in misto cementato miscelato in impianto centralizzato con dosatori a peso o a volume, steso in opera con macchina vibrofinitrice e costipato con idonei rulli metallici e gommati, secondo le caratteristiche e modalità indicate nel seguito.

### **4.4.1 Sub-ballast in conglomerato bituminoso**

#### *4.4.1.1 Caratteristiche dei materiali costituenti*

#### **Aggregati**

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati per lo strato di base dovranno essere conformi a quanto previsto in CNR-BU n. 139.

Per il prelevamento dei campioni destinati alle prove di controllo dei requisiti di accettazione così come per le modalità di esecuzione delle prove stesse, valgono le prescrizioni contenute nel bollettino sopracitato e in CNR-BU n. 93.

L'aggregato grosso dovrà essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, a superficie ruvida, puliti, esenti da polvere e da materiali estranei e privi, nella misura sotto indicata, di elementi con forma appiattita, allungata o lenticolare.

Le caratteristiche degli elementi che compongono la frazione grossa dovranno essere le seguenti:

- perdita di massa alla prova di abrasione Los Angeles, eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% del totale (CNR-BU n. 34)
- 90% di elementi con almeno due facce di rottura;
- coefficiente di imbibizione (CNR-BU n. 137) inferiore a 1%;
- presenza di elementi piatti o allungati minore del 10% in massa.

L'aggregato fino dovrà essere costituito da sabbie naturali e/o di frantumazione; la percentuale di

queste ultime verrà determinata in relazione ai valori di scorrimento delle prove Marshall, ma, comunque, non dovrà essere inferiore al 70%. La miscela dovrà essere inoltre caratterizzata da un valore di "equivalente in sabbia" non inferiore a 70 (CNR-BU n.27).

Gli eventuali additivi, provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polveri d'asfalto, dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- passante in massa al setaccio UNI 0,42 (ASTM n 40) 100%:
- passante in massa al setaccio UNI 0,18 (ASTM n 80) ≥ 90%:
- - passante in massa al setaccio UNI 0,075 (ASTM n 200): ≥ 70%.

La granulometria dovrà essere eseguita per via umida.

L'Appaltatore dovrà eseguire le prove di verifica delle caratteristiche sopra richieste alla qualificazione e ogni 500 m<sup>3</sup> di conglomerato bituminoso fornito.

Nel caso di aggregati di natura acida dovranno essere impiegate speciali sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume - aggregato (agenti tensioattivi di adesività) secondo le percentuali ottimali previste per ciascun tipo di attivante senza che l'Appaltatore possa chiedere compensi od indennizzi di sorta in quanto l'onere è compreso e compensato nei prezzi delle voci di tariffa.

Dovrà essere scelto tra i prodotti in commercio quello che sulla base di prove comparative effettuate presso Laboratori qualificati dal Direttore dei Lavori avrà dato i migliori risultati e conservi le caratteristiche chimiche anche se sottoposto a temperature elevate e prolungate.

La presenza degli agenti tensioattivi nel legante bituminoso dovrà essere accertata mediante prova di separazione cromatografica su strato sottile.

Il dosaggio potrà variare in relazione alle condizioni di impiego, alla natura degli aggregati e alle caratteristiche del prodotto, tra lo 0,3% e lo 0,6% rispetto alla massa del bitume.

I tipi, i dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benestare della Direzione Lavori.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantirne la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio.

#### **Legante bituminoso**

Il legante bituminoso dovrà essere del tipo 50/70 e avere le caratteristiche indicate nella tabella III riportata al relativo punto

#### **4.4.1.2 Miscela**

Il tenore di bitume riferito alla massa totale degli aggregati dovrà essere compreso tra 4,1% e 4,8%. Il conglomerato bituminoso per sub-ballast dovrà avere i seguenti requisiti:

- la miscela degli aggregati da adottarsi dovrà avere una composizione granulometrica contenuta nel fuso indicato nella Tabella VIII:

**Tabella VIII - Fuso <sup>9</sup>granulometrico per sub-ballast**

Setaccio	25.4	19.1	9.52	4.0	2.0	0,42	0.175	0,074
Passante% in massa	100	80 - 100	54 - 76	36 - 56	23 - 40	10-22	7-16	6-10

valore della Stabilità Marshall (CNR-BU n.30) eseguita a 60° C su provini costipati con 75 colpi di maglio per faccia, non inferiore a 10 kN e lo scorrimento compreso tra 2.0 e 4.0 mm. Il valore della rigidità Marshall, cioè il rapporto tra la Stabilità misurata in kN e lo scorrimento misurato in mm, dovrà essere superiore a 2.5 KN/mm;

gli stessi provini per i quali viene determinata la stabilità Marshall dovranno presentare una percentuale di vuoti residui compresa fra 4% e 6%.

perdita di stabilità Marshall: non superiore al 25% (ottenuta dal confronto della stabilità Marshall originaria con quella misurata su provini mantenuti per 24 ore in acqua a 60° C);

trazione indiretta con la prova Brasiliana (CNR-BU n° 134) non minore di 0.6 N/mm<sup>2</sup>.

I provini per le misure di stabilità, rigidità e trazione indiretta dovranno essere confezionati presso l'impianto di produzione e/o presso la stesa.

La temperatura all'atto della compattazione dovrà essere uguale a quella della stesa.

#### *4.4.1.3 Controllo dei requisiti di accettazione*

L'Appaltatore ha l'obbligo di fare eseguire tutte le prove sperimentali richieste sui campioni di aggregato e di legante per la relativa accettazione.

L'Appaltatore è tenuto a presentare con almeno 30 giorni di anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni e per ogni cantiere di confezione, lo studio delle miscele che intende adottare, secondo il metodo Marshall.

Ogni composizione proposta dovrà essere corredata da una completa documentazione delle determinazioni effettuate in laboratorio, attraverso le quali l'Appaltatore avrà ricavato la composizione ottimale.

L'approvazione non ridurrà comunque la responsabilità dell'Appaltatore, relativa al raggiungimento dei requisiti finali dei conglomerati in opera.

Non sarà ammessa una variazione del contenuto di aggregato grosso superiore al 5%, di sabbia superiore al 3%, e di additivo dell'1,5% sulla percentuale corrispondente alla curva granulometrica definita nello studio preliminare.

In ogni cantiere di lavoro dovrà essere installato a cura e spese dell'Appaltatore un laboratorio idoneamente attrezzato per le prove e i controlli in corso di produzione e finali, condotto da personale appositamente addestrato.

In quest'ultimo laboratorio, che dovrà essere approvato dalla DL, dovranno essere effettuate, quando necessarie e almeno con frequenza giornaliera:

- la verifica granulometrica dei singoli aggregati approvvigionati in cantiere e quella degli aggregati stessi all'uscita dei vagli di riclassificazione;
- la verifica della composizione del conglomerato (granulometria degli aggregati, percentuale del bitume, percentuale di additivo) prelevando il conglomerato all'uscita del mescolatore o dalla tramoggia di stoccaggio;
- la verifica delle caratteristiche Marshall del conglomerato e precisamente:
  - ✓ massa volumica (CNR-BU n. 40) sulla media di quattro prove;
  - ✓ percentuale di vuoti (CNR-BU n.39) sulla media di quattro prove;
  - ✓ stabilità e rigidità Marshall. (CNR-BU n.30)
- la verifica dell'umidità residua degli aggregati all'uscita dall'essicatore;

Inoltre saranno effettuati i seguenti controlli mensili:

- tolleranze delle bilance e dei termometri dell'impianto,; - verifica delle caratteristiche del bitume.

In cantiere dovrà essere tenuto apposito registro numerato e vidimato dalla Direzione Lavori sul quale l'Appaltatore dovrà giornalmente registrare tutte le prove e i controlli effettuati che dovrà far parte integrante della documentazione finale della qualità.

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

#### *4.4.1.4 Confezione delle miscele*

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

La produzione di ciascun impianto non dovrà essere spinta oltre la sua potenzialità per non pregiudicare il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela e una perfetta vagliatura che assicuri una idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati; resta pertanto escluso l'uso dell'impianto a scarico diretto.

L'impianto dovrà comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele

del tutto rispondenti a quelle di progetto.

Il dosaggio dei costituenti della miscela dovrà essere eseguito a massa mediante idonea apparecchiatura la cui efficienza dovrà essere costantemente controllata.

Ogni impianto dovrà assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta e a viscosità uniforme fino al momento della miscelazione nonché il perfetto dosaggio sia del bitume che dell'additivo.

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

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

Il tempo di miscelazione effettivo sarà stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto e dell'effettiva temperatura raggiunta dai costituenti la miscela, in misura tale da permettere un completo e uniforme rivestimento degli aggregati con il legante; comunque esso non dovrà mai scendere al di sotto dei 30 secondi.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione dovrà essere compresa tra 150° e 170° C mentre quella del legante dovrà essere 5 °C superiore a quella degli aggregati salvo diverse disposizioni del Progettista in rapporto al tipo di bitume impiegato.

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

#### *4.4.1.5 Trasporto e posa in opera delle miscele*

Il trasporto del conglomerato dall'impianto di confezione al cantiere di stesa dovrà avvenire mediante mezzi di trasporto di adeguata portata, efficienti e comunque sempre dotati di telone di copertura per evitare raffreddamenti superficiali eccessivi e formazione di crostoni. La percorrenza stradale dall'impianto di confezionamento al cantiere di stesa non dovrà essere superiore a 80 Km.

Prima della stesa del conglomerato sullo strato di fondazione, per garantire l'adesione, si dovrà provvedere alla rimozione della sabbia e/o parti fini eventualmente presenti e alla stesa di una mano di primer bituminoso in ragione di almeno 1.0 - 1.5 kg/m<sup>2</sup>.

Qualora si dovesse procedere alla stesa in doppio strato, i due strati dovranno essere sovrapposti nel più breve tempo possibile; tra di essi dovrà essere interposta una mano di attacco di emulsione bituminosa acida (rif. Tabella IV), al 55% in massa, in ragione di 0.6 - 0.8 kg/m<sup>2</sup>.

La miscela bituminosa verrà stesa sul piano finito della fondazione dopo che sia stata accertata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultima ai requisiti richiesti di quota, sagoma, densità e portanza previsti alle relative voci.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi verrà effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici del tipo approvato dalla Direzione Lavori, in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

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

Nella stesa si dovrà porre la massima cura alla formazione di giunti longitudinali preferibilmente ottenuti mediante tempestivo affiancamento di una strisciata alla precedente con l'impiego di 2 o più finitrici.

Qualora ciò non fosse possibile, il bordo della striscia già realizzata dovrà essere spalmato con emulsione bituminosa acida (rif. Tabella IV), al 55% in massa, per assicurare la saldatura della striscia successiva.

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

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

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno cm 20.

Pertanto questa fascia di sovrapposizione deve trovarsi a cavallo dell'asse della piattaforma.

Nel caso che l'Appaltatore scelga di realizzare lo strato di 12 cm in un'unica stesa ma su metà piattaforma, il giunto longitudinale deve coincidere con l'asse piattaforma.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice, non dovrà essere inferiore a 130°C. Nel caso di conglomerati bituminosi confezionati con bitume modificato la temperatura di stesa non dovrà essere inferiore a 150°C.

La stesa del sub-ballast dovrà essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro, in particolare quando la temperatura dell'aria scende sotto 5°C; gli strati eventualmente compromessi, con densità inferiori a quelle richieste, dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a cura e spese dell'Appaltatore.

La compattazione dei conglomerati dovrà iniziare subito dopo la stesa con vibrofinitrice e condotta a termine senza soluzione di continuità.

La compattazione sarà realizzata a mezzo di rulli gommati con l'ausilio di rulli tutti semoventi e a rapida inversione di marcia in numero adeguato e aventi caratteristiche tecnologiche avanzate in modo da assicurare il raggiungimento delle massime densità ottenibili.

L'Appaltatore prima dell'inizio dell'attività di stesa (almeno 15 giorni) dovrà presentare alla Direzione Lavori, per approvazione, una relazione, o un'Istruzione operativa, nella quale venga descritto il sistema di compattazione, elencando il numero dei rulli, le loro caratteristiche tecniche, la velocità durante la compattazione ed i tempi o le temperature d'inizio compattazione. Il sistema di stesa e compattazione e le caratteristiche, in opera, del conglomerato bituminoso dovranno essere qualificate, sulla base dell'Istruzione operativa, realizzando uno strato di prova dello stesso spessore e larghezza di lunghezza non inferiore a 25 (venticinque) m.

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

#### 4.4.1.6 Controlli finali

Al termine della compattazione dovranno essere eseguiti i seguenti controlli finali:

1. Densità: lo strato di sub-ballast dovrà avere una densità uniforme, in tutto lo spessore, non inferiore al 98% di quella Marshall dello stesso giorno, determinata sul materiale prelevato all'impianto o alla stesa.

Tale valutazione sarà eseguita sulla produzione giornaliera secondo CNR-BU n. 40 e almeno ogni 1000 m<sup>2</sup> realizzati. La densità dello strato realizzato sarà determinata dalla media di quella relativa a due carote di diametro non inferiore a 10 cm che dovranno essere prelevate nei punti indicati dal DL.

2. Caratteristiche del conglomerato: sulle stesse due carote dovranno inoltre essere determinati:

- contenuto di bitume: si ammette uno scostamento massimo rispetto al valore di qualifica pari allo 0.3%;
- granulometria degli aggregati: sono ammesse le seguenti tolleranze rispetto ai valori di qualifica:
- ag aggregato grosso: +/- 5%;
- sa sabbia +/- 3%;
- ad additivo +/- 0.3%.

percentuale dei vuoti residui (CNR-B.U. n.39): deve essere compresa fra il 3 ed il 6%. trazione indiretta

Brasiliana: non minore di 0.6 N/mm<sup>2</sup>.

3. Spessore dello strato: le stesse carote saranno utilizzate anche per la determinazione dello spessore finale dello strato, per il quale si ammette una tolleranza massima di 0,5 cm in meno rispetto allo spessore di progetto. Nel caso in cui lo spessore di anche una sola carota risultasse inferiore a tale limite, si procederà al prelievo di almeno ulteriori 4 carote in punti scelti dalla DL nell'ambito dei 1000 m<sup>2</sup> (o della superficie realizzata nella giornata) da controllare. In prossimità dei punti in cui è stato riscontrato il ridotto spessore saranno eseguite prove di carico su piastra aggiuntive rispetto a quelle sotto indicate.

Lo spessore dello strato sarà considerato accettabile se:

non si saranno ottenuti complessivamente più di due valori fuori tolleranza; non si saranno ottenuti casi di sottospessori maggiori di 1 cm; tutte le prove di carico su piastra avranno dato risultato positivo.

4. **Modulo di deformazione:** lo strato finito dovrà avere un modulo di deformazione misurato con prova di carico su piastra (con modalità di cui al Bollettino Ufficiale CNR n° 9 dell'11/12/1967, ma con temperatura dello strato compresa tra 20°C e 30°C) non inferiore a 200 N/mm<sup>2</sup>. Qualora la prova venisse eseguita quando la temperatura dello strato è compresa tra 10°C e 19.9°C, il modulo risultante dovrà essere non inferiore a 220 N/mm<sup>2</sup>.

La prova non può essere eseguita quando la temperatura dello strato è sotto i 10°C.

Tale determinazione deve essere eseguita attraverso due prove eseguite presso i punti dai quali sono state prelevate le prime due carote ed eventualmente attraverso le prove aggiuntive eseguite, come sopra indicato, nei punti con ridotto spessore.

5. **Regolarità della superficie:** la superficie degli strati dovrà presentarsi priva di irregolarità e ondulazioni.

Un'asta rettilinea lunga 4,50 m posta in qualunque direzione sulla superficie finita di ciascuno strato dovrà aderirvi uniformemente; saranno tollerati scostamenti contenuti nel limite di 10 mm, il tutto nel rispetto degli spessori e delle sagome di progetto; tale controllo dovrà essere ripetuto ogni 1000 m<sup>2</sup> di strato di sub-ballast finito.

6. **Quota:** la quota finale dell'asse e dei cigli del rilevato misurata sopra il sub-ballast deve rispettare quella di progetto con il margine di tolleranza +1cm - -2cm.

La misura deve essere presa a cedimenti esauriti o quando il gradiente di sviluppo dei cedimenti sia prossimo a zero e lasci prevedere un cedimento residuo trascurabile in rapporto alle tolleranze.

Nel caso in cui anche uno solo dei requisiti sopra indicati non sia rispettato, si procederà, a totale cura e spese dell'Appaltatore, alla individuazione della zona non accettabile, alla sua demolizione ed al suo rifacimento.

#### 4.4.2 Sub-ballast in misto cementato

##### 4.4.2.1 Inerti

Gli inerti impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242.

Saranno impiegate ghiaie e sabbie di cava e/o di fiume con percentuale di frantumato complessiva compresa tra il 30 ed il 60% in peso sul totale degli inerti. A discrezione della Direzione Lavori potranno essere impiegate quantità di materiale frantumato superiori al limite stabilito; in questo caso la miscela finale dovrà essere tale da presentare le stesse resistenze a compressione e a trazione a 7 d prescritte nel seguito; questo risultato potrà ottenersi aumentando la percentuale delle sabbie presenti nella miscela e/o la quantità di passante al setaccio UNI EN 933-1 con apertura 0,063 mm.

Per le granulometrie possibili, detti materiali potranno anche essere integrati con ceneri volanti. Gli inerti avranno i seguenti requisiti:

- aggregato di dimensioni non superiori a 40 mm, né di forma appiattita, allungata o lenticolare;
- granulometria compresa nel seguente fuso ed avente andamento continuo ed uniforme (UNI EN 933-1/1999);

Serie UNI EN 933-1 Passante totale in peso %

Setaccio 31,5	100
Setaccio 20	70-87
Setaccio 16	62-77
Setaccio 10	46-61

Setaccio 6,3	35-48
Setaccio 4	28-40
Setaccio 2	18-30
Setaccio 0,5	9-19
Setaccio 0,25	7-16
Setaccio 0,063	5-10

- perdita in peso alla prova Los Angeles (UNI EN 1097-2/1999) non superiore a 30% in peso;
- equivalente in sabbia (UNI EN 933-8/2000) compreso fra 30 e 60;
- indice di plasticità (UNI CEN ISO/TS 17892-15/2005) uguale a zero (materiale non plastico).

#### 4.4.2.2 *Legante*

I cementi impiegati dovranno essere qualificati in conformità alla direttiva 89/106/CEE sui prodotti da costruzione. Ogni fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 197-1. Deve essere impiegato cemento della classe di resistenza 32,5, dei tipi I, II, III Portland, pozzolanico o d'alto forno, tenendo anche in conto la eventuale aggressività dell'ambiente. A titolo indicativo la percentuale di cemento deve essere compresa tra il 2,5% e il 3,5% sul peso degli inerti asciutti. È possibile sostituire parzialmente questa percentuale con cenere di carbone del tipo leggero di recente produzione. Orientativamente le ceneri leggere possono sostituire fino al 40% del peso indicato di cemento. La quantità in peso di ceneri da aggiungere per ottenere pari caratteristiche meccaniche, scaturirà da apposite prove di Laboratorio. Indicativamente ogni punto percentuale di cemento potrà essere sostituito da 4-5 punti percentuali di ceneri.

#### 4.4.2.3 *Acqua*

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

#### 4.4.2.4 *Studio della miscela in laboratorio*

L'Appaltatore dovrà sottoporre all'accettazione della Direzione Lavori la composizione granulometrica da adottare e le caratteristiche della miscela. La mancata presentazione della documentazione preliminare comporta la non autorizzazione all'inizio della esecuzione dei lavori, né saranno accettate eventuali lavorazioni svolte prima dell'approvazione delle modalità esecutive.

La percentuale di cemento e delle eventuali ceneri volanti, come la percentuale di acqua, saranno stabilite in relazione alle prove di resistenza eseguite sui provini cilindrici confezionati entro stampi C.B.R. (UNI EN 13286-47/2006) impiegati senza disco spaziatore (altezza 17,78 cm, diametro 15,24 cm, volume 3242 cm<sup>3</sup>). Per il confezionamento dei provini, gli stampi saranno 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 deve essere eliminata, previa rimozione del collare suddetto e rasatura dello stampo, affinché l'altezza del provino risulti definitivamente di 17,78 cm. La miscela di studio sarà preparata partendo da tutte le classi previste per gli inerti 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 setaccio UNI con apertura 20 mm allontanando gli elementi trattenuti (di dimensione superiore a quella citata) con la sola pasta di cemento ad essi aderente. I campioni da confezionare in Laboratorio devono essere protetti in sacchi di plastica per evitare l'evaporazione dell'acqua. Saranno confezionati almeno tre campioni ogni 250 m di lavorazione. La miscela sarà costipata su 5 strati con il pestello, l'altezza di caduta di cui alla norma UNI EN 13286-2/2005, 85 colpi per strato, in modo da ottenere un'energia di costipamento pari a quella

della prova AASHTO modificato (diametro pestello  $51 \pm 0,5$  mm, peso pestello  $4,535 \pm 0,005$  kg, altezza di caduta 45,7 cm). I provini devono essere estratti dallo stampo dopo 24 h e portati successivamente a stagionatura per altri 6 d in ambiente umido (umidità relativa non inferiore al 90% e temperatura di circa 20 °C); 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 setaccio ISO 3310 con apertura 20 mm) potranno essere determinati i valori necessari al tracciamento dei diagrammi di studio. Lo stesso dicasi per le variazioni della percentuale di legante. I provini devono avere resistenze a compressione a 7 gg. non minori di 2,5 MPa e non superiori a 4,5 MPa, ed a trazione secondo la prova "brasiliiana" (UNI EN 13286-42/2006) non inferiori a 0,25 MPa.

Per particolari casi è facoltà della Direzione Lavori accettare valori di resistenza a compressione fino a 7,5 MPa (questi valori per la compressione e la trazione devono essere ottenuti dalla media di 3 provini, se ciascuno dei singoli valori non si scosta dalla media stessa di  $\pm 15\%$ , altrimenti dalla media dei due restanti dopo aver scartato il valore anomalo).

Da questi dati di Laboratorio devono essere scelti la curva e la densità al fine di confrontare le resistenze ottenute con quelle di Progetto da usarsi come riferimento nelle prove di controllo.

#### *4.4.2.5 Formazione e confezione delle miscele*

Le miscele saranno confezionate in impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte. Gli impianti devono comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare miscele del tutto rispondenti a quelle di Progetto. La zona destinata all'ammannimento degli inerti dovranno 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 loro e l'operazione di rifornimento nei predosatori eseguita con la massima cura. Si farà uso di almeno 4 classi di aggregati con predosatori in numero corrispondente alle classi impiegate.

#### *4.4.2.6 Posa in opera - tempo di maturazione*

La miscela sarà stesa sul piano finito dello strato precedente dopo che sia stata accettata dalla Direzione Lavori la rispondenza di quest'ultimo ai requisiti di quota, sagoma e compattezza prescritti. La stesa sarà eseguita impiegando finitrici vibranti. Le operazioni di addensamento dello strato devono essere realizzate in ordine con le seguenti attrezzature:

- Rullo a due ruote vibranti da 100 kN per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 180 kN.
- Rullo gommato con pressione di gonfiaggio superiore a 5 atm e carico di almeno 180 kN.

Potranno essere impiegati in alternativa rulli misti, vibranti-gommati comunque tutti approvati dalla Direzione Lavori, delle stesse caratteristiche sopra riportate. La stesa della miscela non dovrà di norma essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 0°C e superiori a 25°C e mai sotto la pioggia. Tuttavia, a discrezione della Direzione Lavori, potrà essere consentita la stesa anche a temperature superiori a 25°C ma inferiori a 30°C. In questo caso però deve essere necessario proteggere da evaporazione la miscela durante il trasporto dall'impianto di confezione al luogo di impiego (ad esempio con teloni); deve essere inoltre necessario provvedere ad un'abbondante bagnatura del piano di posa del misto cementato. Infine le operazioni di costipamento e di stesa del velo di protezione con emulsione bituminosa devono essere eseguite immediatamente dopo la stesa della miscela. Le condizioni ideali di lavoro si hanno con temperature comprese tra 15°C e 18°C ed umidità relativa del 50% circa; temperature superiori saranno ancora accettabili con umidità relativa anch'essa crescente; comunque è opportuno, anche per temperature inferiori alla media, che l'umidità relativa all'ambiente non scenda al di sotto del 15%, in quanto ciò potrebbe provocare ugualmente un'eccessiva evaporazione della miscela. Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma le due ore per garantire la continuità della struttura. Particolari accorgimenti

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

Il giunto di ripresa sarà ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola e togliendo la tavola al momento della ripresa della stesa; se non si fa uso della tavola deve essere necessario, prima della ripresa della stesa, provvedere a tagliare l'ultima parte dello strato precedente, in modo che si ottenga una parete perfettamente verticale. Non devono essere eseguiti altri giunti all'infuori di quelli di ripresa. Il transito di cantiere potrà essere ammesso sullo strato a partire dal terzo giorno dopo quello in cui è stata effettuata la stesa e limitatamente ai mezzi gommati. Aperture anticipate vanno correlate alle resistenze raggiunte dal misto. Comunque il tempo di maturazione non potrà essere mai inferiore a 48 h.

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

#### *4.4.2.7 Protezione superficiale*

Subito dopo il completamento delle opere di costipamento e di rifinitura dello strato, dovrà essere eseguita la spruzzatura di un velo protettivo di emulsione bituminosa cationica al 55% in ragione di 12 kg/m<sup>2</sup>, in relazione al tempo ed alla intensità del traffico di cantiere cui potrà venire sottoposta la fondazione e successivo spargimento di sabbia.

## 5. ARMAMENTO FERROVIARIO

I lavori all'armamento dovranno essere eseguiti da personale dipendente dall'Appaltatore appositamente qualificato ed in possesso delle abilitazioni necessarie, rilasciate dal Gestore dell'infrastruttura, su richiesta dell'Appaltatore. Questi altresì resta anche responsabile della verifica che, ove richiesto dal contratto, l'esecuzione dei lavori oggetto dell'appalto sia curata da personale in possesso delle idonee abilitazioni.

Dopo l'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore è tenuto, qualora previsto dal contratto d'appalto, a fornire le registrazioni su supporto cartaceo dei parametri tecnici che rilevano la qualità del lavoro eseguito, secondo le indicazioni del Direttore dei Lavori, che potrà così verificare l'avvenuta corretta esecuzione degli stessi. Le registrazioni consegnate costituiranno parte integrante della documentazione relativa all'esecuzione del lavoro.

Dopo l'esecuzione dei lavori, l'Appaltatore verificherà l'idoneità del binario alla ripresa della circolazione redigendo, sotto la propria responsabilità, un'apposita dichiarazione controfirmata dalla direzione lavori. Tale dichiarazione sarà consegnata al personale del Gestore dell'infrastruttura. Le spese per l'esecuzione delle verifiche a mezzo degli apparecchi registratori saranno a carico dell'Appaltatore compresa la manodopera all'uopo occorrente. Delle constatazioni eseguite si redigerà apposito verbale da corredarsi dei grafici dei rilievi eseguiti e sul quale si faranno risultare i difetti riscontrati ed i limiti di tempo che si prescrivono all'Appaltatore per eliminarli. Trascorsi tali limiti di tempo il direttore dei lavori dovrà procedere alla constatazione dell'avvenuta eliminazione dei difetti dandone atto con postilla da apporsi in calce al verbale di cui sopra. Qualora l'Appaltatore invece non vi provveda, il Direttore dei lavori gli prescriverà un termine perentorio trascorso inutilmente il quale, senza ulteriore avviso, provvederà alla necessaria esecuzione di ufficio a spese dell'Appaltatore. L'eliminazione dei difetti, praticata come precedentemente detto, non esime l'Appaltatore stesso dall'obbligo di provvedere alla manutenzione del binario e degli scambi costruito e livellato, al fine di conservarne la perfetta efficienza.

### 5.1 Ballast

Il pietrisco, naturale o ricavato da frantumazione di rocce, da utilizzare per i lavori di costruzione a nuovo, di rinnovamento e di manutenzione della massiciata ferroviario dovrà rispondere a quanto definito dalla Specifica Tecnica di RFI con codifica RFI DINIC SF AR 04 001 A che si intende qui richiamata integralmente.

### 5.2 Traverse e organi di attacco

Il progetto prevede l'uso di traverse con caratteristiche geometriche, meccaniche e prestazionali adeguate all'impiego con armamento ferroviario 50 UNI a scartamento ridotto. Le traverse devono essere complete di sistema di attacco rotaia-traversa che permetta di garantire la variazione continua dello scartamento da 950 a 980 mm.

Le traverse dovranno essere monoblocco.

Per i principali parametri dimensionali vengono definiti i seguenti valori:

<b>Parametro</b>	<b>Traversa monoblocco</b>
Lunghezza della traversa riferita al piano di appoggio	1700÷1900 mm
Lunghezza dei singoli blocchetti	-
Larghezza della traversa riferita al piano di appoggio	280*300 mm
Larghezza della traversa riferita al piano di appoggio nel tratto centrale della traversa	-
Altezza della traversa nella sezione sottorotaia	160*200 mm
Altezza della traversa nella sezione di mezzeraia	≥ 150 mm

Inclinazione del piano di appoggio della rotaia	1/20
Massa teorica della traversa compresi inserti di ancoraggio di primo livello	≥170 kg

La traversa deve ospitare, un sistema di fissaggio della rotaia in grado di garantire una variazione di scartamento AS=30 mm. Pertanto dovranno essere presentati gli elaborati progettuali esecutivi, rilasciati dal progettista o dal produttore del sistema di attacco, che dimostrino l'effettiva realizzabilità della variazione di scartamento sopra menzionata (950\*980 mm), senza modificare le caratteristiche dimensionali della traversa.

I materiali con cui le traverse sono realizzate devono essere selezionati per garantire la durabilità del calcestruzzo. Devono essere rintracciabili e correlabili ai relativi bollettini prove e DC emesse a fronte di accettazione.

Il cemento deve essere preferibilmente del tipo Portland UNI EN 197-1 CEM I con classe di resistenza non inferiore a 42,5 . Può essere utilizzato cemento di classe diversa dalla I solo se il produttore può dimostrare la durabilità del manufatto e tale dimostrazione venga approvata dal Committente

Il Fornitore deve avvalersi di cementifici operanti nell'ambito di un SGQ certificato.

Il cemento utilizzato deve essere sottoposto alle prove previste dalla normativa vigente, con una frequenza non inferiore a quella fissata dalla UNI EN 197-1.

Il Fornitore deve ottenere i certificati attestanti le caratteristiche chimiche e fisiche del cemento utilizzato.

Gli aggregati devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze pulverulente, limose o argillose, di gesso, di sostanze organiche o comunque nocive all'indurimento del CLS e alla conservazione delle armature.

Gli aggregati utilizzati devono essere acquisiti dal Fornitore con dichiarazione di conformità CE secondo quanto previsto dalla UNI EN 12620.

L'acqua utilizzata deve essere conforme alla norma UNI EN 1008.

L'additivo utilizzato per il confezionamento del calcestruzzo deve essere esente da cloruri secondo la norma EN 934-2: la conformità del tipo di additivo deve essere verificata come previsto dalla normativa UNI EN 934-2. Il dosaggio deve essere conforme a quanto previsto dalla UNI EN 206-1. Il CLS utilizzato per la produzione dei manufatti, sarà conforme a quanto specificato nella norma EN 206-1.

Gli inserti dell'attacco rotaia/traversa sono definiti in base al sistema di attacco utilizzato e devono essere rispondenti ai disegni ed alle specifiche tecniche definite dal sistema stesso. All'uopo il fornitore dovrà presentare elaborati grafici completi dell'insieme attacco-traversa, per il tipo di rotaia 50 UNI, in cui siano perfettamente individuabili le caratteristiche dimensionali delle sedi dell'attacco rotaia – traversa e del sistema di attacco medesimo. Le traverse, sia normali che speciali dovranno consentire l'allargamento dello scartamento da 950 a 980 mm. A tal fine il fornitore dovrà presentare la documentazione tecnica relativa al sistema di attacco come definita nella successiva parte IV della presente specifica.

Le superfici di tali componenti, che rimangono a contatto con il calcestruzzo, saranno prive di sporcizia, olio, ruggine o qualsiasi altro tipo di contaminante.

#### **5.4 Deviatori**

Gli scambi saranno forniti e realizzati secondo gli schemi predisposti dalle Ferrovie Appulo Lucane ed allegati al progetto esecutivo . Sono scambi a scartamento ridotto tipo S 50 UNI/106,8/0,12 sx o dx. Le principali caratteristiche costruttive di tali deviatori vengono elencate di seguito:

- Lunghezza totale 19086 mm.
- Lunghezza deviata 10200 mm.
- Lunghezza di ingresso 8886 mm.
- Larghezza deviata 1218 mm.
- Tangente 0,12.
- Raggio di curvatura del ramo deviato pari a 106,80 m.
- Traverse in cemento di larghezza 28 o 30 cm e lunghezza variabile di 1800-2000-2200-2400-2600-2800-3000-3200-3400 mm.
- Scartamento max 965 mm.

- Scartamento min 950 mm.
- Cuore retto, in acciaio pressofuso al manganese, con chiavarde speciali ad alta resistenza.
- Angolo di uscita del cuore retto di 6°23'50", che consente di essere agevolmente inserito in comunicazione.
- Ago elastico.

La distanza tra le traverse dovrà essere costante e pari a 0,6 m in tutto il deviatoio tranne che in corrispondenza della cassa di manovra, di cui si deve prevedere la predisposizione, dove andrà prevista una variazione di spartito per agevolare l'inserimento della cassa stessa.

Tutte le rotaie andranno disposte verticalmente ed ancorate mediante attacchi indiretti con piastre simili a quelli adottati per il binario corrente. Gli innesti con le rotaie del binario corrente, inclinate di un ventesimo verso l'interno, sarà effettuato mediante torsione elastica di un tratto di circa 1,20 m, due traverse, realizzata con piastre intermedie inclinate di un quarantesimo.

La velocità massima di percorrenza sul corretto tracciato non dovrà essere soggetta ad alcuna limitazione rispetto alla velocità di linea. Per la percorrenza del deviatoio sul ramo deviato dovrà essere garantita la possibilità di transito in sicurezza fino alla velocità di 30 km/h.