

Articolo 1 CORPO STRADALE

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

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

- lo smacchiamento generale (taglio di alberi arbusti e cespugli, estirpazioni delle radici), lo scoticamento e la rimozione del terreno vegetale (o a rilevante contenuto di sostanza organica);
- gli scavi di sbancamento per l'apertura della sede stradale in trincea, per la predisposizione dei piani di appoggio dei rilevati e per le opere di pertinenza stradali;
- gli scavi a sezione ristretta per l'impianto di opere d'arte, gli scavi subacquei, le demolizioni, gli scavi in roccia;
- la formazione dei rilevati, compreso lo strato superiore su cui poggia la pavimentazione stradale (sottofondo);
- l'esecuzione di riempimenti o rinterri in genere;

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

A) QUALIFICAZIONE DEI MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEL CORPO STRADALE

A.1) MATERIALI SCIOLTI NATURALI

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

Nei casi in cui i materiali impiegati non siano provenienti dagli scavi, ma da cave di prestito, dovranno essere qualificati in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). In questo caso la fornitura dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della norma europea armonizzata UNI EN 13242:2008.

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

Il sistema adottato per la classificazione dei materiali sciolti (terre) fa riferimento al Sistema Unificato di classificazione delle terre (USCS) descritto dalla norma SN 670 008ae dalla DIN 18196

Nella formazione dei rilevati con materie provenienti dagli scavi sarà data priorità d'impiego ai materiali sciolti dei gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP, quindi a quelli dei gruppi GC, SM, SW-SM, SP-SM, SW-SC, SP-SC.

Per le terre appartenenti ai restanti gruppi si deve valutare se adoperarle mediante trattamento con calce, ovvero se portarle a rifiuto. La Direzione Lavori può accettare eventuali proposte di stabilizzazione a calce avanzate dall'Impresa purché accompagnate da uno specifico studio di laboratorio (mix design).

Nel caso di materiali provenienti da cave di prestito saranno accettati solo quelli appartenenti ai gruppi GW, GP, GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP.

Quando l'umidità delle terre scavate è tale da non consentire il costipamento necessario a raggiungere l'addensamento e la portanza richiesti dalle presenti norme tecniche, l'Impresa è tenuta a mettere in atto i provvedimenti correttivi per modificare in senso conveniente il contenuto d'acqua naturale e/o, a seconda dei casi, a migliorarle mediante stabilizzazione.

I materiali impiegati, qualunque sia il gruppo di appartenenza, devono essere del tutto esenti da sostanze organiche, vegetali e da elementi solubili o comunque instabili nel tempo. Terre con contenuto di sostanza organica di origine vegetale minore del 2% possono essere utilizzate per strati di rilevato posti a più di 2 metri dal piano di posa della pavimentazione.

Classificazione dei materiali sciolti

Il Sistema Unificato di classificazione delle terre (USCS), descritto dalla norma SN 670 008a, ASTM D-2487 e dalla DIN 18196, si basa sulla valutazione delle seguenti caratteristiche intrinseche dei materiali:

- granulometria;
- limiti di consistenza;
- contenuto di sostanza organica.

L'analisi granulometrica delle terre viene effettuata secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-4 / UNI EN ISO 14688-1. Saranno impiegati setacci della serie ISO 3310-1 e ISO 3310-2. Per la descrizione delle frazioni granulometriche si farà riferimento alla terminologia riportata in Tabella A1.

Tabella A.1				
Descrizione	Classe	Dimensioni		
		da (mm)	a (mm)	
Terre grosse	Blocchi (Bo)	200	630	
	Pietre (Co)	63	200	
	Ghiaia (Gr)		2	63
		Grossa	20	63
		Media	6,3	20
	Sabbia (Sa)	Fine	2	6,3
			0,063	2
		Grossa	0,63	2
		Media	0,2	0,63
	Terre fini	Limo (Si)	Fine	0,063
Grossa			0,02	
Media			0,0063	
Fine			0,002	
Argilla (Cl)			0,002	
			≤0,002	

La forma della curva granulometrica sarà descritta dai 2 parametri:

– coefficiente di uniformità:
$$C_U = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

– coefficiente di curvatura:
$$C_C = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \cdot D_{10}}$$

I limiti di consistenza (o di Atterberg) saranno determinati secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-12. Per la descrizione delle frazioni granulometriche fini si farà riferimento alla terminologia riportata nella Figura A1 (Carta di Plasticità):

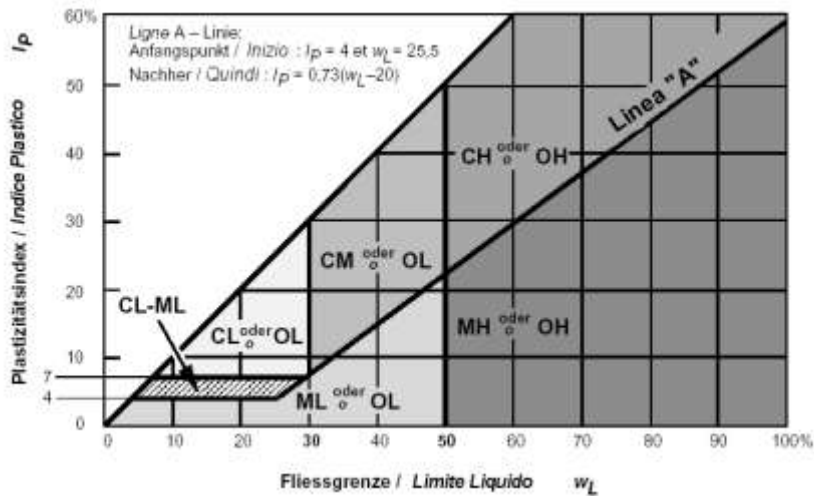


Figura A.1

Le terre organiche sono riconoscibili in base al loro colore ed al loro odore. Ai fini della presente classificazione una terra è definita come organica se il rapporto tra il limite liquido del materiale dopo essiccazione in stufa a 105°C e il limite liquido del materiale naturale è inferiore a 0,75.

Terre grosse ($P_{0,063} < 40\%$)

Sono considerate terre a grana grossa i materiali con una frazione limoso-argillosa ($P_{0,063}$) inferiore al 40%. Esse sono suddivise in ghiaie e sabbie secondo la frazione granulometrica prevalente. Inoltre:

- se $P_{0,063}$ è inferiore al 5% la classifica si effettua solo in base alla forma della curva granulometrica;
- se $P_{0,063}$ è superiore al 12% la classifica si effettua solo in base alle caratteristiche della frazione fine (Carta di Plasticità).
- se $P_{0,063}$ è compreso tra il 5% ed il 12% la classifica si effettua sia in base alle caratteristiche della frazione fine (Carta di Plasticità) che alla forma della curva granulometrica.

I criteri di classificazione delle terre grosse sono riassunti nella Tabella A2.

Terre a grana fine ($P_{0,063} \geq 40\%$)

Le terre a grana fine hanno una frazione limoso-argillosa ($P_{0,063}$) superiore al 50% e sono classificate in funzione della loro posizione sulla carta di plasticità.

Tabella A.2

Classe USCS	P _{0,063}	Granulometria C _U - C _C	Plasticità	Gruppo	
Terre Ghiaiose (Gr): % di ghiaia (Φ > 2mm) superiore alla % di sabbia (0,06 < Φ < 2mm)	< 5%	C _U > 4 e 1 ≤ C _C ≤ 3		GW	
		C _U ≤ 4 o C _C < 1 o C _C > 3		GP	
	> 12%		ML, MH	GM	
			CL-ML	GM-GC	
			CL, CM, CH	GC	
	5% - 12%	C _U > 4 e 1 ≤ C _C ≤ 3	ML, MH	GW-GM	
			CL-ML, CL, CM, CH	GW-GC	
		C _U ≤ 4 o C _C < 1 o C _C > 3	ML, MH	GP-GM	
			CL-ML, CL, CM, CH	GP-GC	
	Terre Sabbiose (Sa): % di sabbia (0,06 < Φ < 2mm) superiore alla % di ghiaia (Φ > 2mm)	< 5%	C _U > 6 e 1 ≤ C _C ≤ 4		SW
C _U ≤ 6 o C _C < 1 o C _C > 4				SP	
> 12%			ML, MH	SM	
			CL-ML	SM-SC	
			CL, CM, CH	SC	
5% - 12%		C _U > 6 e 1 ≤ C _C ≤ 3	ML, MH	SW-SM	
			CL-ML, CL, CM, CH	SW-SC	
		C _U ≤ 6 o C _C < 1 o C _C > 3	ML, MH	SP-SM	
			CL-ML, CL, CM, CH	SP-SC	
Terre Fini Limi (Si) e Argille (Cl) Organiche (Or)		< 30	> 7	CL	
			4 ≤ I _p ≤ 7	CL-ML	
			< 4	ML	
		30 ≤ W _L ≤ 50	Sopra la Linea "A" Sotto la Linea "A"		OL
					CM
					ML
		> 50	Sopra la Linea "A" Sotto la Linea "A"		OL
					CH
				MH	
				OH	

A.2) ALTRI MATERIALI

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

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

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

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

B) PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

1) Qualificazione dei materiali

Prima dell'inizio dei lavori l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, ed inoltre eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su sperimentazione o prove in vera grandezza.

Detta indagine si articola di norma come segue:

- rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative (rilievo di prima pianta);
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;
- identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le seguenti prove di laboratorio:
 - granulometria e limiti di Atterberg (CNR-UNI 10006/63 ovvero DIN 18122-1) oppure la prova con punta conica (UNI CEN ISO /TS 17892-6), per la classificazione secondo la norma DIN 18196;
 - contenuto d'acqua naturale (UNI CEN ISO/TS 17892-1) e indice di gruppo (UNI CEN ISO/TS 14688-2);
 - determinazione della curva di costipamento Proctor, Standard o Modificato, con individuazione della densità massima del secco, $\gamma_{s,max}$, e dell'umidità ottimale di costipamento, W_{opt} , (UNI EN 13286-2); per le terre con trattenuto al crivello da 25 mm superiore al 15% si dovrà obbligatoriamente utilizzare la metodologia DIN 18127 (fustella grande);
 - analisi granulometriche comparative (UNI CEN ISO/TS 17892-4/ UNI EN 933-1.), prima e dopo la prova di costipamento, limitatamente ai materiali per i quali si sospetta la presenza di componenti fragili o instabili;
 - indice di portanza CBR, secondo modalità di prova che tengano conto della destinazione del materiale, dei rischi di imbibizione da venute d'acqua (gravitazionale e/o di capillarità) e del prevedibile grado di addensamento. Per valutare gli effetti delle variazioni di umidità e del grado d'addensamento sulla portanza degli strati realizzati, la Direzione dei lavori, in relazione alle esigenze di posa in opera ed anche ai fini dei controlli di portanza, ha la facoltà di richiedere lo studio CBR SN670320b completo, a diverse energie ed umidità di costipamento, secondo la norma e DIN 18127

Per le rocce devono essere determinate, inoltre:

- la resistenza a compressione semplice su cubetti o cilindri (UNI EN 1926)
- la massa volumica apparente (UNI EN 1936);
- la perdita in peso alla prova Los Angeles UNI EN 1097-2 / CNR 34

Laddove, a causa della granulometria del materiale, non fosse possibile eseguire prove di costipamento e prove CBR di laboratorio, l'attitudine all'impiego può essere determinata in seguito, attraverso la misura del modulo di deformazione E_{v2} e il rapporto E_{v2}/E_{v1} secondo DIN 18134, oppure M_{E1} e rapporto M_{E2}/M_{E1} secondo la SN 670 317b, nel corso delle prove preliminari in vera grandezza (campo prove) di cui nel seguito.

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

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

2) Campo prove per l'impiego dei materiali sciolti

Con la sola eccezione di lavori per i quali i volumi dei movimenti di materia siano del tutto trascurabili (inferiori a 30.000 m³), l'Impresa è tenuta a realizzare (per ciò mettendo a disposizione della Direzione Lavori personale e mezzi adeguati) una sperimentazione in vera grandezza (campo prova), allo scopo di definire, sulla scorta dei risultati delle prove preliminari di laboratorio e con l'impiego dei mezzi effettivamente disponibili, gli spessori di stesa ed il numero di passaggi dei compattatori che permettono di raggiungere le prestazioni (grado di addensamento e/o portanza) prescritte.

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

Nei cantieri di grande dimensione e, in ogni caso, quando per il controllo in corso d'opera siano impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento (LFWD, FWD, autocarro con asse di 10 t), le indagini preliminari sui

rilevati sperimentali sono finalizzate anche a stabilire le necessarie correlazioni tra i risultati di queste ed i valori di massa volumica del secco (γ_s) e/o modulo di deformazione E_{v2} e del rapporto E_{v2}/E_{v1} (DIN 18127). L'onere economico della sperimentazione in campo prove è compreso nel prezzo d'appalto e, quindi, cade a carico dell'Impresa. Il sito della prova può essere compreso nell'area d'ingombro del corpo stradale, anche in corrispondenza di un tratto di rilevato. In quest'ultimo caso, dopo la sperimentazione, è fatto obbligo all'Impresa di demolire le sole parti del manufatto non accettabili, sulla base delle prestazioni ad esse richieste nella configurazione finale.

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

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

3) Cave di prestito

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

Per le cave di prestito proposte dall'Appaltatore, o individuate sotto la sua responsabilità, in difformità del progetto, ovvero nel caso in cui il progetto ne lasci l'onere all'esecutore, la soluzione deve essere da questo sottoposta all'approvazione della Direzione Lavori, provvedendo a corredare la richiesta di: indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine all'impiego

4) Discariche e luoghi di deposito

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti debbono essere portate a rifiuto nelle discariche individuate in progetto ovvero nel rispetto delle normative vigenti, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione della Direzione Lavori.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5) Piano particolareggiato delle lavorazioni

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

- la specificazione della provenienza dei diversi materiali di cui si compone il corpo stradale nelle sue varie parti, corredata di un bilancio quantitativo che tenga conto delle presumibili variazioni volumetriche connesse alle operazioni di scavo e di costipamento;
- le risorse impegnate nelle lavorazioni programmate, (mezzi, mano d'opera, personale e attrezzature del laboratorio di cantiere, ecc.), la durata e la collocazione temporale dell'impegno;
- le modalità di posa in opera di ciascun materiale, da verificare nel campo prova, in ordine a:
 - spessori di stesa consentiti dai mezzi di costipamento;
 - attitudine dei mezzi d'opera e, in particolare, dei compattatori ad assicurare le prescritte prestazioni;
 - numero di passate e velocità media di avanzamento dei mezzi costipanti.
- le prevalenti condizioni di umidità naturale delle terre impiegate, all'atto della posa in opera; in relazione ad esse sono dettagliati nel piano gli eventuali procedimenti di umidificazione, deumidificazione, correzione e/o stabilizzazione;
- le modalità esecutive delle operazioni propedeutiche e collaterali alla posa in opera: umidificazione, deumidificazione, sminuzzamento, mescolamento, correzione, stabilizzazione, spargimento;
- la programmazione e la progettazione delle opere di supporto all'esecuzione delle lavorazioni: piste provvisorie, raccordi alla viabilità, piazzali di deposito provvisorio;
- eventuali integrazioni o modifiche del progetto per apertura, coltivazione e recupero ambientale delle cave di prelievo e dei siti di deposito, opere di sostegno provvisorio degli scavi, di drenaggio e di difesa dalle acque;
- le modalità di recupero ambientale, di ricopertura di realizzazione di opere in verde a protezione dei pendii dalle erosioni superficiali.

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

C) ESECUZIONE DEI LAVORI

C.1) SCAVI E DEMOLIZIONI

1) Norme generali

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

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

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

L'Appaltatore è tenuto a consegnare le trincee alle quote e secondo i piani prescritti, con scarpate ben spianate e regolari, con cigli ben tracciati e profilati; lo stesso deve procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, rimanendo obbligato, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, alle necessarie riprese e sistemazioni delle scarpate, nonché allo spurgo dei fossi e delle cunette.

Prima dell'esecuzione delle trincee e dei rilevati, l'Impresa deve provvedere tempestivamente all'apertura di fossi anche provvisori, di eventuali canali fuggatori e di quanto altro occorra per assicurare il regolare

smaltimento e deflusso delle acque, nonché gli esaurimenti delle stesse, compresi gli oneri per il loro trattamento secondo le vigenti norme di legge.

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

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

Nel caso che, a giudizio della Direzione Lavori, le condizioni geotecniche e statiche lo richiedano, l'Impresa è tenuta a coordinare opportunamente per campioni la successione e l'esecuzione delle opere di scavo e murarie. Qualora negli scavi in genere si fossero superati i limiti e le dimensioni assegnati in progetto, l'Impresa deve ripristinare le previste geometrie, utilizzando materiali idonei.

2) Smacchiamento

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

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

3) Scotciamento

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

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

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

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

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

4) Scavi di sbancamento

Sono denominati di sbancamento gli scavi occorrenti per:

l'apertura della sede stradale, dei piazzali e delle pertinenze in trincea secondo i disegni di progetto e le particolari prescrizioni che può dare la Direzione Lavori in sede esecutiva;

la formazione dei cassonetti, per far luogo alla pavimentazione ed all'eventuale bonifica del sottofondo stradale in trincea;

la bonifica del piano di posa dei rilevati, ivi compresa la formazione delle gradonature previste in progetto, nel caso di terreni con pendenza generalmente superiore al 15%;

lo splateamento del terreno per far luogo alla formazione di piani di appoggio, platee di fondazione, vespai, orlature e sottofasce;

la formazione di rampe incassate, cunette di piattaforma;

gli allargamenti di trincee, anche per l'inserimento di opere di sostegno, ed i tagli delle scarpate di rilevati esistenti per l'ammorsamento di parti aggiuntive del corpo stradale;

l'impianto delle opere d'arte (spalle di ponti, spallette di briglie, muri di sostegno, ecc.) per la parte ricadente al di sopra del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno naturale o di quello degli splateamenti precedentemente eseguiti ed aperti almeno da un lato, considerandosi come terreno naturale anche l'alveo dei torrenti o dei fiumi.

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

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

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

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

5) Scavi a sezione ristretta

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6) Demolizioni

L'Impresa è tenuta a demolire murature e fabbricati ricadenti nelle aree d'impronta del solido stradale con i mezzi che ritiene più opportuni, incluso l'impiego di esplosivi nel rispetto delle Norme vigenti. Nei tratti in

trincea la demolizione delle opere murarie deve essere spinta fino ad un metro al di sotto del piano di posa della pavimentazione stradale; nei tratti in rilevato fino a raso campagna o del profilo naturale del terreno.

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

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

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

7) Scavi in roccia

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

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

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

8) Reimpiego dei materiali di scavo

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

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

C.2) RIPORTI

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

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

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

C.2.1) PIANO D'APPOGGIO DEI RILEVATI

1) Configurazione

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

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

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

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

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

2) Terreni cedevoli

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

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

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

3) Requisiti di portanza

Salvo diverse e più restrittive prescrizioni, motivate in sede di progettazione dalla necessità di garantire la stabilità del rilevato, il modulo di deformazione (o altrimenti detto di compressibilità) E_{v2} , determinato sul piano di posa (naturale o bonificato), secondo la norma DIN 18134, deve risultare non inferiore ai valori indicati in tabella C.1:

Tabella C.1

REQUISITI DI PORTANZA DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI	
Posizione	
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione maggiore di 2,00 m	$E_{v2} \geq 50 \text{ MPa}$
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione compresa tra 1,00 e 2,00 m	$E_{v2} \geq 80 \text{ MPa}$
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione compresa tra 0,50 e 1,00 m	$E_{v2} \geq 100 \text{ MPa}$
distanza del piano di posa del rilevato rispetto al piano di appoggio della pavimentazione minore di 0,50 m	$E_{v2} \geq 120 \text{ MPa}$

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

4) Bonifica

Quando la natura e lo stato dei terreni d'impianto dei rilevati non consentono di raggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti, può essere introdotto nel programma dettagliato delle lavorazioni l'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con materiali idonei di apporto. In alternativa può essere adottato un adeguato trattamento di stabilizzazione.

C.2.2) STRATI ANTICAPILLARI

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

Non è ammesso l'uso di aggregati riciclati.

1) Strati in terre naturali

Lo strato anticapillare in materiale naturale, dello spessore generalmente compreso tra 30 e 50 cm, deve essere costituito da terre granulari (ghiaia, ghiaietto ghiaino), con granulometria compresa tra 8 e 50 mm, con passante al setaccio da 2 mm non superiore al 15% in peso e, comunque, con un passante al setaccio 0,063 mm non superiore al 3%. La Direzione Lavori può autorizzare l'impiego di aggregati con dimensione massima maggiore (ad es. 30/70 ecc.).

Il materiale deve essere del tutto esente da componenti instabili (gelive, tenere, solubili, etc.) e da resti vegetali. Salvo maggiori e più restrittive verifiche, il controllo qualitativo dello strato anticapillare va eseguito mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 1 prelievo ogni 100 m³ di materiale posto in opera.

2) Geotessili

In associazione allo strato granulare anticapillare può essere posto sul piano di appoggio del rilevato un telo geotessile.

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

I geotessili devono presentare superficie scabra, essere imputrescibili ed atossici, essere resistenti ai raggi ultravioletti (se destinati a permanere all'aperto per più di 12 ore) ai solventi, alle reazioni chimiche che si

producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinanti ed isotropi.

Debbono essere forniti in rotoli di larghezza la più ampia possibile, in relazione alle modalità di impiego. Il materiale, del peso previsto in progetto per l'impiego specifico, deve rispondere ai requisiti minimi riportati in Tabella C.2:

Tabella C.2			
	<i>Parametro</i>	<i>Normativa</i>	<i>Unità di misura</i>
	Peso	UNI EN ISO 9864	g/m ²
	Spessore (strato singolo) a 2 kPa	UNI EN ISO 9863-1	mm
	Resistenza a trazione longitudinale	UNI EN ISO 10319	kN/m
	Resistenza a trazione trasversale (a strisce con larghezza di 200 mm)	UNI EN ISO 10319	kN/m
	Resistenza all'invecchiamento (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 12224	%
	Resistenza chimica (diminuzione del carico di rottura a trazione)	UNI EN 13438	%
	Allungamento, in %	UNI EN ISO 10319	%
	Lacerazione (con prova a caduta conica-diametro massimo)	UNI EN 918	mm
	Punzonamento, in N	UNI EN ISO 12236	N
	Permeabilità verticale rispetto il piano (senza carico)	UNI EN 12958	l/s/m ²
	Permeabilità al piano (20 kPa di carico)	UNI EN 12958	l/m h
	Apertura efficace dei pori O_{w90}	UNI EN ISO 12956	mm
	Resistenza a agenti microbiologici	UNI EN 12225	

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma EN 963. I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere eseguite presso Laboratori accettati dall'Amministrazione Provinciale di Bolzano preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, in seguito su materiali prelevati durante il corso dei lavori. Qualora risultassero valori inferiori a quelli stabiliti, anche da una sola delle prove di cui sopra, la partita deve essere rifiutata e l'Impresa deve allontanarla immediatamente dal cantiere.

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

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

C.2.3) RILEVATI IN TERRA NATURALE

1) Posa in opera

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

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

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

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

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

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

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato, sperimentate in campo prove, secondo le indicazioni riportate nel paragrafo 2 (compattazione).

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

In ogni caso, la terra non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 150 mm (100 mm nell'ultimo metro); questi devono essere, pertanto, scartati nel sito di prelievo o frantumati, prima del carico sui mezzi di trasporto.

2) Compattazione

Nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori, circa la massima utilizzazione delle risorse naturali impegnate dall'intervento, l'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, a impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di densità e di portanza richiesti per gli strati finiti.

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

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

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

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

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

Per garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato, le scarpate debbono essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovra larghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato; Le quantità rimosse nella riprofilatura delle scarpate non saranno contabilizzate.

Salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto, i controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di densità e di portanza, debbono soddisfare i requisiti indicati nel successivo paragrafo E.5 "Controlli". Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

3) Protezione

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

La semina deve essere ripetuta fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Impresa deve provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese.

Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Appaltatore è tenuto ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Allo scopo, le superfici, ben livellate e compattate, devono essere sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 6%.

Se nei rilevati dovessero avvenire cedimenti differiti, dovuti a carenze costruttive, l'Appaltatore è obbligato ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

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

C.2.4) RILEVATI CON MATERIALI RICICLATI

Nella formazione del corpo dei rilevati possono essere impiegati materiali riciclati provenienti da attività di demolizione o di scarto di processi industriali trattati in impianto di lavorazione ai sensi delle Normative Nazionali.

I materiali *provenienti da attività di costruzione o demolizione* sono prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, intonaci, allettamenti, materiali lapidei provenienti da cave autorizzate o da attività di taglio e lavorazione.

I materiali *di scarto provenienti da processi industriali* sono prevalentemente costituiti da scorie, loppe d'alto forno, esclusivamente di nuova produzione e, comunque, non sottoposte a periodi di stoccaggio superiori ad un anno. I materiali di riuso possono venire miscelati tra loro ed anche con terre naturali, in modo da favorirne il riutilizzo nelle costruzioni stradali con i conseguenti benefici economici ed ambientali.

L'impiego dei materiali di riciclo deve essere conforme alla Delibera della Giunta Provinciale del 27 settembre 2016 N°1030 in forma vigente: "Disposizioni per il recupero dei resti di costruzione e per la qualità dei materiali edili riciclati".

Gli aggregati di riciclo possono essere impiegati nella formazione del corpo del rilevato, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità riportati in Tabella C.3.

Tabella C.3							
MISCELE NON LEGATE CON AGGREGATI NATURALI E/O AGGREGATI RICICLATI							
Caratteristica	Norma	Impieghi					
		Colmate/ rinterri		Corpo del rilevato		Sottofondo	
		Requisito	Frequenza delle prove	Requisito	Frequenza delle prove	Requisito	Frequenza delle prove
Designazione della miscela	UNI EN 13285	0/125 mm	20.000 m ³	0/125 mm	5000 m ³	0/31,5 mm	2000 m ³
Sopravaglio della miscela	UNI EN 933-1	OC ₇₅	20.000 m ³	OC ₈₅	5000 m ³	OC ₇₅	2000 m ³
Contenuto massimo dei fini	UNI EN 933-1	-		UF ₁₅	5000 m ³	UF ₁₅	2000 m ³
Granulometria della miscela	UNI EN 933-1	G _N	20.000 m ³	G _N	5000 m ³	G _U	2000 m ³
Appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	-		FI ₅₀	50.000 m ³	FI ₃₅	2000 m ³
Qualità dei fini	UNI EN 933-9	-		MB ₅	5000 m ³	MB ₅	2000 m ³
Qualità dei fini (alternativo)	UNI EN 933-8	-		SE ₃₅	5000 m ³	SE ₃₅	2000 m ³
Limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892 -12	-		WL ≤ 40	5000 m ³	WL ≤ 40	2000 m ³
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892 -12	-		IP ≤ 10	5000 m ³	IP ≤ 6	2000 m ³
Resistenza alla frammentazione	CNR 34	-		LA ₃₅	50.000 m ³	LA ₃₀	20.000 m ³
Caratterizzazione dell'eluato (Test di cessione)	DM5 febbraio 1998 e s.m.i.	conforme	5000 m ³	conforme	5000 m ³	conforme	5000 m ³
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	-		SS _{0,2}	5000 m ³	SS _{0,2}	2000 m ³
Contenuto di frammenti di conglomerati cementizi, manufatti in cls, malte, elementi lapidei naturali anche derivanti da murature, sfridi di cava o pietrisco tolto d'opera, materiali legati idraulicamente, vetro.	UNI EN 933-11	R _{cug50}	20.000 m ³	R _{cug50}	5000 m ³	R _{cug70}	2000 m ³
Contenuto di vetro	UNI EN 933-11	-		R _{g5-}	5000 m ³	R _{g5-}	2000 m ³
Contenuto di materiali bituminosi	UNI EN 933-11	-		R _{a30-}	5000 m ³	R _{a10-}	2000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, polistirolo, sostanze organiche eccetto bitume	UNI EN 933-11	FL ₁₀₋	20.000 m ³	FL ₁₀₋	5000 m ³	FL ₅₋	2000 m ³
Contenuto di materiale galleggiante inerte: Leca, cemento schiumato, ecc.	UNI EN 933-11	-		FL ₅₋	5000 m ³	FL ₅₋	2000 m ³
Contenuto di terreno vegetale, metalli, legno non galleggiante, plastica, gomma, gesso, cartongesso, e altri materiali non galleggianti non litoidi	UNI EN 933-11	X ₁₋	20.000 m ³	X ₁₋	5000 m ³	X ₁₋	2000 m ³
Massa volumica max. con energia Proctor modificata	UNI EN 13286-2	-		γ	5000 m ³	γ	2000 m ³
Portanza CBR dopo 4 giorni di imbibizione su provini costipati, con umidità ±2% dell'ottimo, al 95% della massa volumica massima all'energia Proctor modificata	UNI EN 13286-47	-		≥20	50.000 m ³	≥40	50.000 m ³
Rigonfiamento CBR	UNI EN 13286-47	-		≤1%		≤1%	50.000 m ³
Perdita di resistenza dopo cicli di gelo e disgelo	EN 1367-1	-		ΔS _{IA} ≤30	5000 m ³	ΔS _{IA} ≤30	2000 m ³
Note: Il simbolo γ indica che la caratteristica deve essere determinata ma non deve rispondere ad un requisito Il simbolo - indica che la caratteristica può essere omessa							

Riguardo alla variabilità della provenienza, dalla quale può conseguire una diversità del comportamento in opera, i materiali riciclati devono essere qualificati per lotti omogenei, in conformità al regolamento UE sui prodotti da costruzione 305/2011/CPR con dichiarazione di prestazione (DoP). Ciascuna fornitura deve essere accompagnata dalla marcatura CE attestante la conformità all'appendice ZA della Norma Europea Armonizzata UNI EN 13242.

Nelle opere di protezione contro pericoli idrogeologici devono essere preferibilmente impiegati materiali riciclati conformi alle norme e leggi vigenti. Non è ammesso l'impiego del materiale riciclato in contatto con la falda, nel riempimento di drenaggi e nel corpo del rilevato a profondità inferiori a quella del gelo. In questi casi è ammesso solo l'uso di aggregati lapidei naturali qualificati.

C.2.5) RINTERRI NEL CORPO DEL RILEVATO

Il ripristino di cavi di fondazione intorno a strutture, il rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (ad esempio posa di sottoservizi), il riempimento a ridosso di murature ed opere di sostegno, presentano problemi speciali. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, non deve giustificare rinuncia di sorta alle portanze prescritte.

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

Nei rinterri possono essere impiegati materiali riciclati, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità previsti dalla Norma UNI 11531-1 e riportati in Tabella C.3.

Le terre e/o gli aggregati di riciclo trasportati mediante autocarri o mezzi simili, non devono essere scaricate direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositate in loro vicinanza e in seguito poste in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti.

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

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

La stabilizzazione deve interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sia a forma di trapezio, avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 m + 3/2 h e l'altezza h coincidente con quella del rilevato.

Il cemento deve essere ad altissima resistenza ai solfati SR 0 e a presa lenta; il suo dosaggio deve essere determinato con specifici studi di laboratorio.

La miscela deve essere compattata per strati di spessore non superiore a 30 cm fino a raggiungere il 98% della massa volumica massima del secco, ottenuta in laboratorio con la prova Proctor Standard secondo la Norma UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127.

D) SOTTOFONDO

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

1) Materiali costituenti

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

- in ogni caso, la regolarità richiesta per il piano di posa della pavimentazione porta ad escludere materiali con elementi maggiori di D=100 mm;
- nel caso in cui si impieghino materiali non legati, per ottenere le proprietà meccaniche e l'impermeabilità richieste per gli strati, occorre utilizzare terre granulari, con assortimento granulometrico ben graduato (curve compatte), costituite preferibilmente da elementi a spigoli vivi, dotate di poco fino (gruppi GW, SW).

I tout-venant di cava ed i misti di fiume (naturali o corretti granulometricamente), con granulometria 0/100 mm ben assortita, appartenenti al gruppo GW si prestano bene a costituire ottimi strati di sottofondo.

Fatte salve soluzioni differenti da giustificarsi sotto il profilo tecnico ed economico, possono essere impiegate, anche senza trattamento con legante, terre con indice di gruppo IG = 0, purché prive di elementi maggiori di D>100 mm e rispondenti ai requisiti di portanza appresso indicati.

Inoltre, nel rispetto delle dimensioni massime sopra specificate, possono essere impiegate terre dei gruppi GM, GP-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GC, SW, SP previa stabilizzazione a cemento, a calce od a calce-cemento. Nel caso in cui le prove di portanza CBR (UNI EN 13286-47) di laboratorio risultino significative (materiale con dimensioni inferiori a 20 mm), l' idoneità all' impiego della terra può essere accettata se essa presenta valori di indice di portanza CBR (energia Proctor) non inferiori a quanto appresso specificato:

- nel caso di sottofondi costituiti da terreni granulari, clima asciutto, assenza di rischi d' imbibizione per infiltrazione laterale o dall' alto o per risalita capillare:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; senza immersione);
- per sottofondi costituiti da terreni granulari, nel caso in cui una delle condizioni sopracitate venga a mancare:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; 4 giorni di immersione);
- nel caso di sottofondi costituiti da terreni limo-argillosi o in presenza di drenaggi insufficienti:
CBR = 20 (w = w_{opt} ± 2 %; saturazione completa).

Nei sottofondi possono essere impiegati materiali riciclati, anche in miscela con aggregati o terre naturali, purché in possesso dei requisiti di idoneità previsti dalla Norma UNI 11531-1 e riportati in Tabella C.3.

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

In questi ultimi casi, l' attitudine all' impiego deve essere valutata o mediante prove CBR di laboratorio, verificando il rispetto dei valori di portanza sopra indicati, ovvero attraverso misure di modulo di deformazione E_{v2} sugli strati posti in opera, nel rispetto dei requisiti indicati in Tabella C.3.

Per un rapido allontanamento delle acque meteoriche i piani di sottofondo devono essere sistemati con falde pendenti verso l' esterno (in rilevato) o verso le opere di raccolta delle acque, con pendenza trasversale non inferiore al 4%.

E) CONTROLLI

1) Controllo delle forniture

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

Il numero dei campioni dipende dall' eterogeneità dei terreni interessati; per ogni approvvigionamento la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella E.1. La Direzione Lavori può ridurre la frequenza dei controlli previsti nella tabella E1 quando i materiali forniti risultano costantemente omogenei.

Tabella E.1

FREQUENZA DEI CONTROLLI DELLE FORNITURE DEI MATERIALI				
Destinazione	Rilevato		Sottofondo	
Tipo di prova	Primi 10000 m³	Ulteriori m³	Primi 5000 m³	Ulteriori m³
Classificazione SN 670 008a	una prova ogni 2.000 m ³	una prova ogni 5.000 m ³	una prova ogni 500 m ³	una prova ogni 2.000 m ³
Umidità naturale UNI CEN ISO/TS 17892-2	una prova ogni 500 m ³	una prova ogni 1.000 m ³	una prova ogni 200 m ³	una prova ogni 500 m ³
Costipamento UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127	una prova ogni 5.000 m ³	una prova ogni 10.000 m ³	una prova ogni 1.000 m ³	una prova ogni 5.000 m ³

2) Controllo della densità e della portanza

Il livello prestazionale degli strati posti in opera può essere accertato, riguardo alla granulometria del materiale impiegato, attraverso il controllo dell'addensamento raggiunto, rispetto al riferimento desunto dalle prove AASHO di laboratorio, e/o attraverso il controllo della capacità portante.

Le prove di controllo della portanza devono essere eseguite mediante misure del modulo di deformazione E_{v2} secondo la Norma DIN 18134. Possono inoltre essere impiegate prove rapide e/o ad alto rendimento come ad esempio la piastra dinamica leggera LFWD.

Le prove di densità in sito (massa volumica apparente γ_s) saranno eseguite secondo la Norma DIN 18125 e riferite al $\gamma_{s,max}$ di laboratorio determinato secondo la Norma UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127. Vanno inoltre eseguite misure di umidità dei materiali compattati, secondo la norma UNI CEN ISO/TS 17892-1.

Nella Tabella E.2 sono riassunti i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione. Quando è previsto l'impiego di prove rapide o ad alto rendimento i livelli prestazionali minimi devono essere stabiliti sperimentalmente per ciascuna tipologia di materiale e per livello prestazionale. La sperimentazione può essere eseguita nel corso del campo prove o sul materiale posto in opera, prima dell'inizio dei controlli finali.

Ad esempio per le prove rapide di portanza con piastra dinamica leggera LFWD, sarà individuata una correlazione tra il Modulo dinamico E_{vd} ed il modulo E_{v2} ottenuto da prove di tipo statico. L'accettabilità del materiale sarà valutata sulla base dei valori E_{v2} ricavati da tale correlazione.

Dato che la portanza di una terra dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno grande in relazione alla natura della terra stessa, i livelli prestazionali indicati nella Tabella E.2 si riferiscono a contenuti d'acqua compresi tutti nell'intervallo $W_{opt} \pm 2\%$ (W_{opt} da prove UNI EN 13286-2 oppure DIN 18127)

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

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

Tabella E.2

REQUISITI PER GLI STRATI DI RILEVATO E DI SOTTOFONDO		
STRATO	Grado d'addensamento % $\gamma_{s,max}$ di laboratorio ⁽¹⁾	Modulo di deformazione E_{v2} (MPa)
Sottofondo ⁽²⁾	≥ 98 %	≥120
Rilevato ⁽³⁾	≥ 98 %	≥80
(1) Prova Proctor Standard secondo U NI EN 13286-2 oppure DIN 18127 (2) In trincea, in tutto lo spessore dello strato di bonifica del sottofondo; in rilevato, nello strato superiore fino ad 1,0 m dal piano di posa della pavimentazione (piano di sottofondo). (3) Strati posti a più di 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione.		

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

3) Numero di prove di controllo

Salvo documentate prescrizioni della Direzione Lavori, la frequenza delle prove deve rientrare negli intervalli indicati in Tabella E.3..

Tabella E.3					
FREQUENZA DEI CONTROLLI SUGLI STRATI FINITI					
Tipo di prova	RILEVATO		SOTTOFONDO		
	Primi 5.000 m³	Ulteriori m³	Primi 5.000 m²	Ulteriori m²	Superficie m²
Densità	una prova ogni 500 – 1.000 m ³	una prova ogni 3.000-5.000 m ³	una prova ogni 350 - 500 m ²	una prova ogni 1.000 m ²	-
Modulo Ev2;Ev2/Ev1	una prova ogni 1.000-1500 m ³	una prova ogni 5.000 m ³	-	-	una prova ogni 1.000 -2.000 m ²
Modulo Evd (LFWD)	una prova ogni 100-150 m ³	una prova ogni 500 m ³			una prova ogni 200 -400 m ²

4) Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati debbono rispettare le soglie minime riportate nella Tabella E.2.

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

- il 5%, per le misure di densità secca γ_s ;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo E_{v2} o altra grandezza).

5) Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

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

± 2% per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;

± 3 cm, per i piani di sottofondo;

± 5 cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;

± 10 cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

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

I controlli di esecuzione sono effettuati di norma:

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

Eventuali “non conformità” per “difetto” (mancanza di materiale) dei piani finiti oltre le tolleranze previste non possono essere corrette con il riporto e la successiva rullatura di piccole quantità di materiale (spessore inferiore ai 10 cm), ma lo strato non conforme deve essere preventivamente de-costipato (arato) procedendo poi all'aggiunta di materiale e alla nuova compattazione. Sono invece possibili correzioni dei piani finiti “non conformi” per “eccesso” (quote del piano finito superiori a quelle previste) mediante asportazione di materiale purché ovunque compatibili con le quote e le sagome previste dal progetto.