



REGIONE DEL VENETO

AREA TUTELA E SVILUPPO DEL TERRITORIO - DIREZIONE INFRASTRUTTURE TRASPORTI E LOGISTICA

UO INFRASTRUTTURE STRADE E CONCESSIONI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Marco d'Elia

SISTEMA FERROVIARIO METROPOLITANO REGIONALE

S. F. M. R.

(Atto del 06/12/2016)

LINEE VENEZIA-QUARTO D'ALTINO e MESTRE-TREVISO

ELIMINAZIONE DEI P.L. AL km 1+337 e km 1+445

VENEZIA - Via Gazzera Alta

PROGETTO ESECUTIVO

| | | | | | | |
|--|-------------|-----------|---|-----------------------------|------------|-------------|
| INTERVENTO 1.09bis | | | | N° ELABORATO | | |
| ELABORATI TECNICO ECONOMICI | | | | 18.06.00.00 | | |
| Capitolato speciale d'appalto - Norme tecniche | | | | SCALA | | |
| Movimenti terra | | | | - | | |
| | | | | NOME FILE | | |
| | | | | 0409E02-18060000-DCT005_E00 | | |
| E00 | Emissione | | 10/2019 | D. Clauser | D. Clauser | M. Fioratti |
| Revisione | Descrizione | | Data | Redatto | Verificato | Approvato |
| COMMESSA | | DOCUMENTO | | REV. | | TAVOLA |
| 0409E02 | | D CT 005 | | E00 | | 1 di 1 |
| Il Direttore Tecnico Ing. Stefano Susani | | | Il Progettista e Responsabile dell'integrazione fra le prestazioni specialistiche Ing. Michele Fioratti | | | |
|  <p>Via Squero, 12 - 35043 Monselice (PD)</p> | | |  | | | |



INDICE

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | GENERALITA' | 4 |
| 1.1 | NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO | 4 |
| 1.2 | PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI | 4 |
| 2 | SCAVI E RINTERRI | 8 |
| 2.1 | GENERALITÀ E DEFINIZIONI | 8 |
| 2.2 | MODALITÀ GENERALI DI ESECUZIONE DEI LAVORI | 9 |
| 2.3 | SCAVI DI SBANCAMENTO | 11 |
| 2.3.1 | Definizione | 11 |
| 2.3.2 | Modalità di esecuzione | 12 |
| 2.4 | SCAVI DI FONDAZIONE..... | 13 |
| 2.4.1 | Definizione | 13 |
| 2.4.2 | Modalità di esecuzione | 13 |
| 2.5 | SCAVI DI FONDAZIONE IN AMMASSO ROCCIOSO..... | 15 |
| 2.5.1 | Generalità | 15 |
| 2.5.2 | Formazione del piano d'imposta..... | 17 |
| 2.5.2.1 | <i>qualificazione del piano d'imposta</i> | <i>17</i> |
| 2.5.2.2 | <i>Approfondimento del piano d'imposta.....</i> | <i>22</i> |
| 2.5.3 | Campo d'impiego del ripper trainato..... | 23 |
| 2.5.3.1 | <i>Martello demolitore odeodinamico</i> | <i>24</i> |
| 2.6 | SCAVO DI TRINCEA PER POSA SOTTOSERVIZI..... | 26 |
| 2.6.1 | Definizione | 26 |
| 2.6.2 | Modalità di esecuzione | 26 |
| 2.7 | RINTERRI E/O BONIFICHE..... | 27 |
| 2.7.1 | Definizione | 27 |
| 2.7.2 | Modalità di esecuzione | 27 |
| 2.8 | MONITORAGGI..... | 29 |
| 3 | RILEVATI | 31 |
| 3.1 | DEFINIZIONI | 31 |
| 3.2 | MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEI RILEVATI IN TERRA NATURALE..... | 31 |
| 3.2.1 | Provenienza dei materiali | 31 |
| 3.2.2 | Autorizzazioni..... | 32 |
| 3.3 | FORMAZIONE DI RILEVATI CON MATERIALI TRATTATI A CALCE E/O CEMENTO | 33 |



| | | |
|---------|--|----|
| 3.3.1 | Definizione | 33 |
| 3.3.2 | Caratteristiche dei materiali componenti la miscela | 33 |
| 3.3.2.1 | <i>Terre</i> | 33 |
| 3.3.2.2 | <i>Calce</i> | 36 |
| 3.3.2.3 | <i>Acqua</i> | 38 |
| 3.3.3 | Studio preliminare | 38 |
| 3.3.3.1 | <i>Identificazione del terreno</i> | 39 |
| 3.3.3.2 | <i>Studio delle miscele sperimentali</i> | 40 |
| 3.3.3.3 | <i>Realizzazione del campo prova</i> | 42 |
| 3.3.3.4 | <i>Scelta della miscela da utilizzare</i> | 45 |
| 3.3.4 | Modalità di esecuzione e prescrizioni | 45 |
| 3.3.4.1 | <i>Approvvigionamento e stoccaggio della calce e cemento</i> | 45 |
| 3.3.4.2 | <i>Fasi esecutive</i> | 46 |
| 3.4 | MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEI RILEVATI IN RICICLATO | 50 |
| 3.4.1 | Definizione | 50 |
| 3.4.2 | Norme | 52 |
| 3.4.3 | Qualificazione | 53 |
| 3.4.4 | Requisiti chimici | 58 |
| 3.4.5 | Posa in opera | 59 |
| 3.5 | PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI | 60 |
| 3.5.1 | Modalità di esecuzione | 60 |
| 3.5.2 | Caratteristiche del piano di posa del rilevato e della sovrastuttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo) | 61 |
| 3.5.3 | Strati di transizione (Rilevato – Terreno) | 62 |
| 3.5.3.1 | <i>Strato granulare anticapillare</i> | 62 |
| 3.5.3.2 | <i>Geotessuto</i> | 63 |
| 3.5.3.3 | <i>Geotessile non tessuto</i> | 65 |
| 3.5.3.4 | <i>Drenaggi verticali</i> | 67 |
| 3.6 | FORMAZIONE DEL RILEVATO | 69 |
| 3.6.1 | Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali | 69 |
| 3.6.2 | Stesa dei materiali | 72 |
| 3.6.3 | Compattazione | 73 |
| 3.6.3.1 | <i>Condizioni climatiche</i> | 74 |
| 3.6.4 | Rilevati di prova | 74 |
| 3.7 | DRENI A TERGO DEI MURI | 76 |
| 3.7.1 | Definizioni | 76 |
| 3.7.2 | Caratteristiche del geocomposito drenante | 76 |



| | | |
|-------|--|----|
| 3.7.3 | Caratteristiche del tubo microfessurato | 77 |
| 3.8 | TERRENO DI COLTIVO..... | 77 |
| 3.9 | RILEVATI STRADALI | 78 |
| 3.9.1 | Prove di controllo sui materiali per la formazione dei rilevati in terra naturale..... | 78 |
| 3.9.2 | Prove di controllo sui materiali per la formazione dei rilevati stabilizzati a calce | 79 |
| 3.9.3 | Prove di controllo sui materiali per la formazione dei rilevati in riciclato..... | 81 |
| 3.9.4 | Prove di controllo sul piano di posa dei rilevati e della sovrastuttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo)..... | 82 |
| 3.9.5 | Prove di controllo in fase di realizzazione dei rilevati | 83 |
| 3.9.6 | Prove di controllo sui rilevati e sottofondi ottenuti mediante stabilizzazione a calce /cemento delle terre | 86 |
| 3.9.7 | Prove di controllo sui rilevati ottenuti mediante riciclati | 88 |
| 3.10 | GEOTESSILI TESSUTI E NON TESSUTI | 89 |
| 3.11 | SEZIONI IN TRINCEA..... | 90 |



1 GENERALITA'

1.1 NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale (in particolare D.M. 17-01-2018) in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

1.2 PRESCRIZIONI ED ONERI GENERALI

L'Appaltatore dovrà provvedere alla esecuzione di tutte le opere e misure previste nel progetto o nelle presenti prescrizioni ed eventualmente richieste dal Progettista o dalla Direzione Lavori. Avrà l'onere di provvedere alla registrazione e archiviazione di tutti i dati e alla segnalazione tempestiva, alla Direzione Lavori e al progettista, di tutte le non-conformità e anomalie riscontrate.

Sarà cura ed onere dell'Appaltatore, prima dell'inizio dei lavori, effettuare una campagna di indagini, allo scopo di fornire alla Direzione Lavori una esauriente documentazione, sia per quanto attiene le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali sia per quanto concerne la loro disponibilità, in funzione delle esigenze quantitative e temporali derivanti dal programma di esecuzione dei lavori.

Quanto sopra si intende valido anche per i materiali provenienti dagli scavi, che, effettuati i controlli di accettazione, l'Appaltatore ritenesse conveniente utilizzare, previa informazione alla Direzione Lavori. La provenienza ed il tipo di materiale da utilizzare dovranno essere preventivamente comunicati alla Direzione Lavori; in ogni caso non dovrà essere utilizzato materiale tipo sabbia con coefficiente di uniformità inferiore a 7.

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 metri 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 etc. si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

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

L'Appaltatore dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari, sia definitivi che provvisionali, atti ed evitare il prosciugamento di pozzi e sorgenti, nonché danni ai fabbricati, alle sedi stradali e alle opere interferenti con i lavori.

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.

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

Sarà cura dell'Appaltatore provvedere all'aereazione ed alla fornitura dell'acqua necessaria per ottenere l'umidificazione ottimale, ai fini della compattazione, dei materiali utilizzati per i rinterri ed i rilevati.

Qualora in corso d'opera si rinvenissero oggetti o ostacoli di qualunque natura tali da impedire la regolare esecuzione del lavoro, la loro rimozione, rottura o attraversamento dei suddetti ostacoli dovrà avvenire a cura e spese



dell'Appaltatore, al quale faranno carico anche gli oneri per l'eventuale maggiore impiego di materiale derivante dalla rimozione degli oggetti stessi.

L'Appaltatore dovrà sopportare i maggiori costi eventualmente derivanti dal fermo dei mezzi e del personale conseguenti a motivi di sicurezza o derivanti dalla necessità di modificare le metodologie di lavoro e/o la tipologia delle opere.

Nel caso di sospensione della costruzione del rilevato, alla ripresa del lavoro, il rilevato già eseguito dovrà essere ripulito dalle erbe e dalla vegetazione in genere che vi si fosse insediata; dovrà essere areato, praticandovi, inoltre, dei solchi per il collegamento dei nuovi materiali con quelli prima impiegati, dopo aver ripetuto le prove di controllo delle compattazioni.

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.

Sarà onere dell'Appaltatore il trasporto 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.

L'Appaltatore, con almeno trenta giorni di anticipo rispetto all'utilizzo di ogni discarica, dovrà comunicare formalmente al Direttore dei Lavori l'ubicazione della stessa. Tale comunicazione dovrà essere corredata da una planimetria dell'area interessata nonché da sezioni trasversali rilevate sul terreno almeno ogni 10 m al fine di consentire la valutazione dei volumi depositabili. Il Direttore dei Lavori comunicherà l'accettazione o meno di tali discariche senza che per l'eventuale diniego l'Appaltatore possa sollevare eccezione o riserve. Di norma non sarà ammesso che siano attive più di due discariche contemporaneamente per ciascun fronte di avanzamento.



Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla realizzazione, pulizia, manutenzione e ripristino del manto stradale, sia relativamente alle strade di accesso alle opere in costruzione 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.



2 SCAVI E RINTERRI

2.1 GENERALITÀ E DEFINIZIONI

Con il termine “**scavi**” si intendono tutte le metodologie esecutive finalizzate all’effettuazione di scavi a cielo aperto o a foro cieco, di sbancamento o a sezione ristretta, entro palancole o diaframmi, in terreni, rocce o materiali di qualunque natura. La presente parte di capitolato tecnico tratta degli scavi a cielo aperto.

Gli scavi potranno essere eseguiti a mano, con mezzi meccanici e, ove previsto, con l'impiego di esplosivi.

Con il termine “**scotico**” si intende la rimozione ed asportazione del terreno vegetale, di qualsiasi consistenza e con qualunque contenuto d'acqua. Esso comprende la rimozione ed asportazione di alberi, arbusti, cespugli, nonché l’estirpazione di ceppaie e radici.

Lo scotico del terreno dovrà sempre essere eseguito prima di effettuare qualsiasi lavoro di scavo o formazione di rilevato secondo piani regolari individuati da livellette longitudinali come riportato nel progetto esecutivo.

L’Appaltatore prima di dare inizio alle lavorazioni dovrà indicare i limiti dell'area di costruzione e se necessario, la Direzione Lavori indicherà tutti gli alberi, i cespugli, le piante ed altro che dovrà essere lasciato sul posto.

Per “**rinterri**” si intendono il riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguito in presenza o meno di manufatti; la sistemazione superficiale potrà essere eseguita con o senza apporto di materiale.

Le terre verranno caratterizzate e classificate secondo le seguenti normative:

- UNI EN ISO 14688-1:2018. Indagini e prove geotecniche – Identificazione e classificazione dei terreni
- UNI EN 13285:2010. Miscele non legate - Specifiche



- UNI EN 13242:2008. Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade

2.2 MODALITÀ GENERALI DI ESECUZIONE DEI LAVORI

L'Appaltatore dovrà:

- 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 alle lavorazioni successive, in maniera da ridurre al minimo i successivi cedimenti di opere provvisorie e definitive conseguenti all'assestamento da compattazione.
- segnalare l'avvenuta ultimazione degli scavi, per eventuale ispezione da parte della Direzione Lavori, prima di procedere a fasi di lavoro successive o ricoprimenti. Nel caso in cui questa prassi non venisse rispettata la Direzione Lavori potrà richiedere all'Appaltatore di rimettere a nudo le parti occultate.
- 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.
- eseguire, ove previsto dai documenti di progetto e/o richiesto dalla Direzione Lavori, scavi campione con prelievo di saggi per l'effettuazione di prove ed analisi.
- provvedere al carico, trasporto, scarico e stoccaggio in cantiere (o in aree all'uopo precisate e messe a disposizione) del materiale proveniente dagli scavi che la Direzione Lavori ordinasse di riutilizzare perché ritenuto idoneo.
- recintare e apporre sistemi di segnaletica diurna e notturna alle aree di scavo, secondo i Piani di Sicurezza e Coordinamento predisposti.



- provvedere, con qualsiasi sistema (paratie, palancole, sbadacchiature, puntellamenti, armature a cassa chiusa, etc.), al contenimento delle pareti degli scavi in accordo a quanto prescritto dai documenti di progetto ed in conformità alle norme di sicurezza.
- Adottare tutte le cautele necessarie (indagini preliminari, sondaggi, scavi campioni, etc.) per evitare il danneggiamento di manufatti e reti interrati di qualsiasi natura; inclusa, ove necessario la temporanea deviazione ed il tempestivo ripristino delle opere danneggiate o temporaneamente deviate.
- Provvedere ad un adeguato sistema di drenaggio per evitare accumuli d'acqua nel fondo dello scavo, nonché all'aggottamento dell'acqua di fondo scavo ove si rendesse necessario.

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.

Il materiale scavato dovrà essere caricato e trasportato a discarica a propria cura con onere secondo elenco prezzi e/o riutilizzato, se ritenuto idoneo e giudizio della DL, per opere di riambientalizzazione e/o come terreno vegetale per la finitura di scarpate secondo le indicazioni della Direzione Lavori. E' onere dell'Appaltatore il carico, il trasporto e lo stoccaggio del materiale da riutilizzare su aree procurate a sue spese e per tutto il tempo necessario fino al loro riutilizzo:



si intende compreso nei prezzi anche l'onere per il successivo carico e trasporto fino al luogo di reimpiego, secondo l'elenco prezzi.

Gli scavi occorrenti per la formazione di cunette, accessi, passaggi e rampe, cassonetti e simili, nonché per l'impianto di opere d'arte saranno eseguiti nelle forme e dimensioni risultanti dai relativi disegni salvo le eventuali variazioni che la Direzione Lavori è in facoltà di adottare all'atto esecutivo, restando a completo carico dell'Appaltatore ogni onere proprio di tali generi di lavori, non escluso quello di eventuali sbadacchiature e puntellature.

Dovrà essere usata ogni cura nel sagomare esattamente i fossi, nell'appianare e sistemare le banchine, nel configurare le scarpate e nel profilare i cigli delle opere stradali.

Le scarpate di tagli e rilevati saranno eseguite con inclinazioni appropriate in relazione alla natura ed alle caratteristiche fisico-meccaniche del terreno e agli elaborati di progetto e comunque a seconda delle prescrizioni che saranno comunicate dalla Direzione Lavori.

Tutto il materiale vegetale, inclusi ceppi e radici, dovrà essere completamente rimosso dall'Appaltatore che ha l'obbligo, la responsabilità e l'onere di trasportarlo a qualsiasi distanza in siti appositamente attrezzati per l'incenerimento ovvero in discariche abilitate alla loro ricezione.

2.3 SCAVI DI SBANCAMENTO

2.3.1 Definizione

Per **scavi di sbancamento** si intendono quelli occorrenti per l'apertura della sede stradale, piazzali ed opere accessorie quali ad esempio gli scavi per:

- tratti stradali in trincea comprese le rampe di accesso ai sottopassi anche fra diaframmi e palancole ed i sottopassi stessi qualora realizzati a cielo aperto



- taglio delle scarpate delle trincee o dei rilevati
- formazione ed approfondimento di piani di posa dei rilevati, di cunette, cunettoni, fossi e canali

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.

2.3.2 Modalità di esecuzione

L'esecuzione degli scavi di sbancamento può essere richiesta dalla Direzione Lavori anche a campioni di qualsiasi tratta senza che l'Appaltatore possa pretendere, per ciò, alcun compenso o maggiorazione del relativo prezzo di elenco.

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 compattati mediante rollatura alla fine della giornata di lavoro o, immediatamente in caso di minaccia di pioggia.



2.4 SCAVI DI FONDAZIONE

2.4.1 Definizione

Per **scavi di fondazione** si intendono scavi a **sezione obbligata e a sezione ristretta**, cioè quelli che risultino al di sotto del piano di sbancamento o di quello della demolizione della sovrastruttura stradale, chiusi tra pareti verticali che riproducano il perimetro della fondazione dell'opera e le cui dimensioni siano confrontabili con quelle degli usuali attrezzi di lavoro.

2.4.2 Modalità di esecuzione

Gli scavi occorrenti per la fondazione delle opere d'arte saranno spinti fino al piano indicato negli elaborati di progetto o che sarà stabilito dalla Direzione Lavori.

Detti scavi potranno 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 del maggior lavoro eseguito, secondo i prezzi contrattualmente stabiliti in relazione alle varie profondità.

Il piano di fondazione sarà perfettamente orizzontale o sagomato a gradini con leggera pendenza verso monte per quelle opere che cadono sopra falde inclinate.

Anche nei casi di fondazioni su strati rocciosi questi ultimi debbono essere convenientemente spianati a gradino, come sopra.

Gli scavi di fondazione comunque eseguiti saranno considerati a pareti verticali e l'Appaltatore dovrà, all'occorrenza sostenerli con convenienti sbadacchiature, compensate nel relativo prezzo dello scavo, restando a suo carico ogni danno alle persone, alle cose e all'opera, per smottamenti o franamenti dello scavo.



Nel caso di franamento degli scavi, è a carico dell'Appaltatore procedere al ripristino senza diritto a compensi.

Dovrà essere cura dell'Appaltatore eseguire le armature dei casseri con la maggiore precisione, adoperando materiale di buona qualità e in ottime condizioni, di sezione adeguata agli sforzi cui verrà sottoposta l'armatura stessa ed adottare infine ogni precauzione ed accorgimento, affinché l'armatura dei cavi riesca la più robusta e quindi la più resistente, sia nell'interesse della riuscita del lavoro sia per la sicurezza degli operai adibiti allo scavo.

L'Appaltatore è quindi l'unico responsabile dei danni che potessero avvenire alle persone ed ai lavori per deficienza od irrazionalità delle armature.

Gli scavi potranno, però, anche essere eseguiti con pareti a scarpa, ove l'Appaltatore lo ritenga di sua convenienza ed i luoghi lo permettano.

In questo caso non sarà compensato il maggior scavo oltre quello strettamente occorrente per la fondazione dell'opera e l'Appaltatore dovrà provvedere a sua cura e spese, al riempimento, con materiale adatto, dei vuoti rimasti intorno alla fondazione dell'opera.

Ogni qualvolta si troverà acqua negli scavi di fondazione in misura superiore a m 0,20 (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque filtranti nei cavi di fondazione, l'Appaltatore dovrà provvedere mediante pompe, canali fuggatori, ture, o con qualsiasi mezzo che ravvisasse più opportuno o conveniente, ai necessari aggettamenti.

Sono considerati come scavi di fondazione subacquei soltanto quelli eseguiti a profondità maggiore di m 0,20 (centimetri venti) sotto il livello costante a cui si stabiliscono le acque filtranti negli scavi di fondazione in seguito dell'impiego di sistemi di emungimento della falda.

L'Appaltatore sarà tenuto ad evitare la raccolta dell'acqua proveniente dall'esterno negli scavi di fondazione; ove ciò verificasse resterebbe a suo totale carico la spesa per i necessari aggettamenti.



L'Appaltatore dovrà provvedere a sue spese al necessario allacciamento elettrico ed idraulico dell'impianto di emungimento nonché alla fornitura ed al trasporto sul lavoro dell'occorrente energia elettrica, sempre quando non abbia la possibilità e convenienza di servirsi di altra forza motrice. L'impianto dovrà essere corredato, a norma delle vigenti disposizioni in materia di prevenzione degli infortuni, dei necessari dispositivi di sicurezza restando la Direzione Lavori ed il proprio personale sollevati ed indenni da ogni responsabilità circa le conseguenze derivate dalle condizioni dell'impianto stesso.

2.5 SCAVI DI FONDAZIONE IN AMMASSO ROCCIOSO

2.5.1 Generalità

Il presente capitolo fornisce le prescrizioni operative finalizzate alla formazione del piano d'imposta di fondazioni dirette entro ammasso roccioso per il quale l'attività di scavo possa essere condotta, in linea di principio, con l'impiego di mezzi meccanici convenzionali (pala meccanica, ripper, martello demolitore oleodinamico). Si esclude, pertanto, la trattazione specialistica di scavo mediante esplosivo.

Il riconoscimento dell'attitudine alla "scavabilità" di un ammasso roccioso condotta con le modalità poc'anzi definite può essere, in prima approssimazione, effettuato in base alle caratteristiche meccaniche della roccia madre (resistenza a compressione uniassiale UCS) e ad un indice di qualità globale dell'ammasso per la definizione del quale, il più semplice sistema di classificazione è l'indice RQD(%) (Rock Quality Designation). L'abaco di Figura 1 (Pettifer & Fookes, 1994) consente una prima classificazione della scavabilità di un ammasso roccioso (con benna-digging, previo rippaggio-ripping), in funzione delle caratteristiche di resistenza della roccia madre (Indice di resistenza I_{s50} [MPa] determinato su un provino di 50mm di diametro) e lo stato di fratturazione dell'ammasso (spaziatura delle discontinuità [m]).

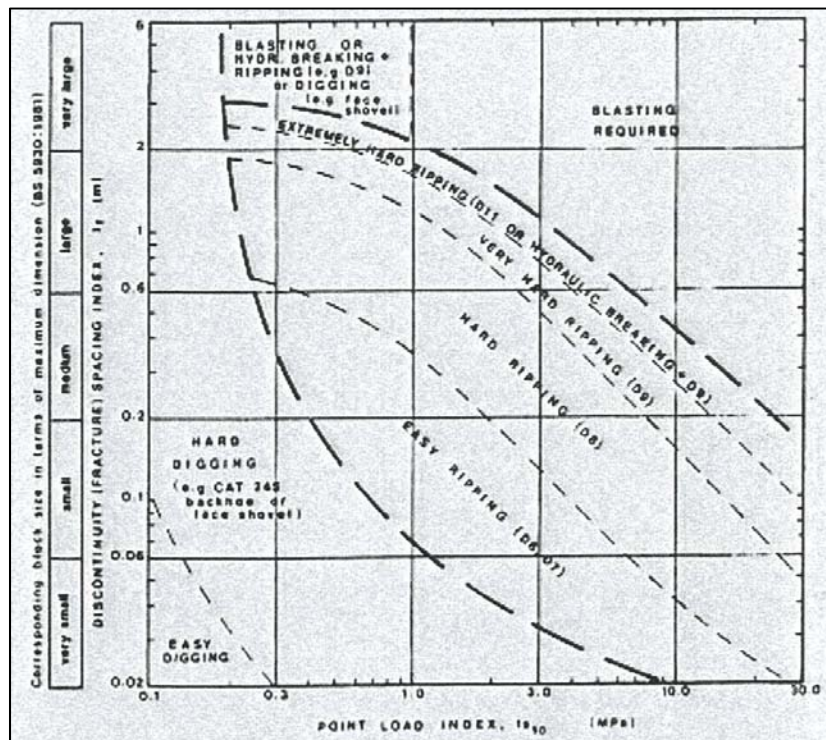


Figura 1 - scavabilità della roccia in funzione dell'indice di resistenza (Is) e del grado di fratturazione (Pettifer & Fookes, 1994)

Qualora siano noto il valore della resistenza uniassiale UCS, piuttosto dell'indice I_s , la Figura 2 consentirà di convertire l'UCS col corrispettivo valore I_{s50} (fattore di conversione $k=23$).

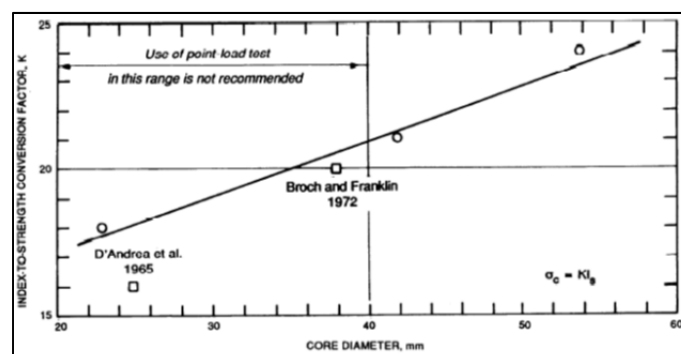


Figura 2 - correlazione I_s vs. UCS in base al diametro del provino (ISRM, 1985)

Un stima di prima approssimazione della spaziatura delle discontinuità può essere condotta con riferimento alla Figura 3, noto il valore dell'indice RQD(%).

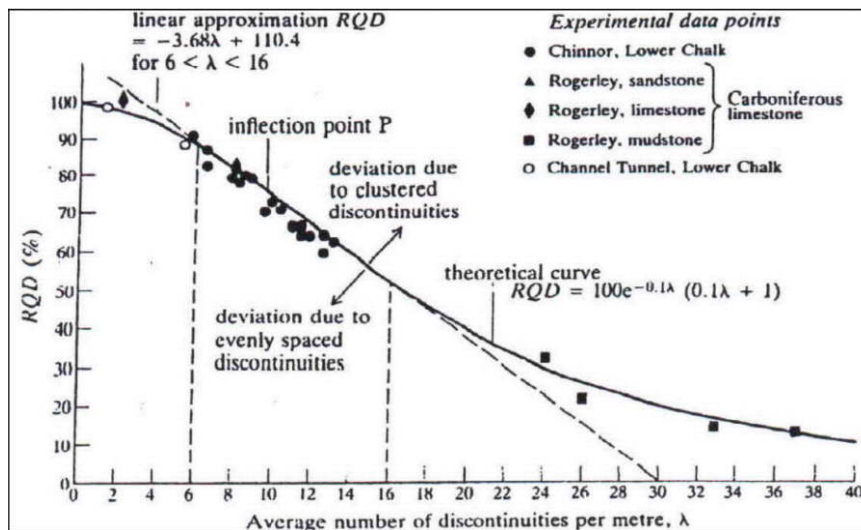


Figura 3 correlazione RQD(%) vs. numero di discontinuità/m (Priest&Hudson, 1987)

La diffusione delle discontinuità, quindi il grado di fratturazione dell'ammasso, rende in linea di principio più o meno affrontabile lo scavo senza ricorrere al rippaggio (ad esempio valori di UCS inferiori a 5MPa, con indice di qualità RQD(%) inferiore a 25 - “easy digging”, Figura 1).

2.5.2 Formazione del piano d'imposta

In funzione dello spessore d'immorsamento previsto entro la formazione rocciosa, si potranno modellare le pareti in roccia condizione di pseudo-verticalità qualora progettualmente verificate. In tal caso sarà consentito il getto strutturale contro roccia, purché le pareti si presentino scevre da significative inclusioni terrose e fatto salvo il mantenimento del copriferro minimo di progetto.

2.5.2.1 QUALIFICAZIONE DEL PIANO D'IMPOSTA

Al termine della scoperta del piano d'imposta, quindi al rinvenimento dell'ammasso roccioso d'imposta, si renderà opportuno produrre una classificazione di quest'ultimo, finalizzata ai fini della sua rispondenza con le aspettative progettuali. Diversamente da quanto si prevede per la qualificazione

speditiva delle formazioni terrose, per cui si potranno disporre prove specifiche di portanza (prove su piastra), la natura del sottosuolo rende tale pratica esecutiva inefficace in relazione alla macroscala rappresentata dall'ammasso e dall'opera di fondazione, unitamente alla possibile disomogeneità in senso orizzontale, in rapporto alla dimensione della piastra.

Pertanto, l'Appaltatore sarà tenuto a redigere, nei termini descritti di seguito, una descrizione geo-strutturale dell'ammasso portato a giorno, raccolta in un documento che includa, in conformità al grado di rappresentatività delle pareti e del fondo di scavo, i caratteri geologici tipici riportati nei sottostanti schemi:

- grado di alterazione (Tabella 1),
- stratificazione (Tabella 2),
- spaziatura e fratturazione (Tabella 3),
- litologia e origine (Tabelle 4 e 5)
- strutture particolari,

Grado di alterazione

Tabella 1 - grado di alterazione

| Definizione | Descrizione |
|-------------|---|
| Assente | Nessun segno visibile di alterazione, roccia sana, cristalli lucenti. |
| Debole | I piani di discontinuità sono patinati e decolorati, con possibili sottili strati di riempimento. La decolorazione può penetrare nella roccia per spessori fino al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità. |
| Media | La decolorazione penetra nella roccia per spessori superiori al 20% della spaziatura dei piani di discontinuità, che possono contenere riempimenti di materiale alterato. Possono essere osservabili parziali aperture dei legami intergranulari. |
| Elevata | La decolorazione interessa per intero la roccia, che è in parte friabile. L'originale struttura della roccia è conservata, ma i cristalli sono separati fra loro. |
| Intensa | La roccia è completamente decolorata, decomposta e friabile, con l'aspetto esteriore di un suolo. Internamente la struttura originale può essere riconoscibile, ma la separazione fra i cristalli è completa. |

Stratificazione

Tabella 2 – stratificazione (*)

| Spaziatura media (mm) | Termini descrittivi |
|-----------------------|----------------------------------|
| < 2000 | Stratificazione in banchi |
| 2000 ÷ 600 | Strati di elevato spessore |
| 600 ÷ 200 | Strati di medio spessore |
| 200 ÷ 60 | Strati di sottile spessore |
| 60 ÷ 20 | Strati di spessore molto sottile |
| 20 ÷ 6 | Laminazione |
| < 6 | Sottile laminazione |

(*) Si indichi anche la presenza di eventuali strutture sedimentarie, quali stratificazione o laminazione incrociate. Regolari alternanze di diversi tipi litologici (es.: sabbie ed argille, marne e calcareniti) possono essere definite con il termine di "interstratificazione".

Spaziatura e fratturazione

Tabella 3 - Spaziatura e fratturazione()**

| Spaziatura delle fratture | Termini descrittivi |
|---------------------------|------------------------------------|
| < 5 cm | Fratture molto ravvicinate |
| 5 ÷ 30 cm | Fratture ravvicinate |
| 30 ÷ 100 cm | Fratture moderatamente ravvicinate |
| 100 ÷ 300 cm | Fratture distanziate |
| > 300 cm | Fratture molto distanziate |

(*) Specificare, se possibile, aperture e persistenza dei giunti.

Litologia alle origine

Si indicano alcuni criteri classificativi relativi ad alcune categorie di comune riferimento per quanto attiene i termini di transizione (rocce carbonatiche e vulcaniche piroclastiche). Qualora il tipo litologico da descrivere non rientri nei casi sottoelencati, sarà cura dell'Appaltatore provvedere ad indicare, sia pure per categorie principali, la corretta definizione. Ciò vale in particolare per le rocce cristalline intrusive, effusive laviche e metamorfiche, per le quali i sistemi di classificazione sono basati sulla composizione mineralogica o chimica e non possono essere riassunti nel presente testo, sia per la loro complessità che per il fatto di richiedere determinazioni diverse dalla sola osservazione macroscopica o dai semplici criteri di prova applicabili in cantiere.

Tabella 5a - Rocce sedimentarie terrigene carbonatiche. Termini di transizione

| Granulometria clasti costituenti | | Definizione | | | |
|----------------------------------|--------|--------------------------------------|------------|--------------------|------------|
| | | Clasti terrigeni | | Clasti carbonatici | |
| Argilla | | Argillite | | Calcilutite | |
| Limo | | Siltite | | Calsiltite | |
| sabbia | fine | arenaria | Fine | calcarenite | fine |
| | media | | Media | | media |
| | grossa | | Grossolana | | grossolana |
| ghiaia | fine | conglomerato (clasti arrotondati) | Fine | calcirudite | fine |
| | media | | Medio | | media |
| | grossa | breccia (clasti angolari) | Grossolano | | grossolana |

Tabella 5b - Depositi sedimentari terrigeni e carbonatici. Termini di transizione

| CaCO ₃ | Definizione |
|--|----------------------------|
| 0 - 5 | argilla - argillite |
| 5 - 15 | argilla debolmente marnosa |
| 15 - 25 | argilla marnosa |
| 25 - 35 | marna argillosa |
| 35 - 65 | Marna |
| 65 - 75 | marna calcarea |
| 75 - 85 | c. marnoso |
| 85 - 95 | c. debolmente marnoso |
| 95 - 100 | Calcilutite |
| Note: è opportuno specificare il grado di cementazione che, spesso, è funzione della % di CaCO ₃ , anche se non necessariamente. Il contenuto di CaCO ₃ può essere stimato in base alla effervescenza dell'acido cloridrico diluito al 5%. | |

Tabella 5c – Depositi vulcanici piroclastici. Termini di transizione

| Granulometria clasti costituenti | Definizione | |
|---|-----------------|----------------------------|
| | Tufo | Tufite |
| argilla | cinerite | tufite argillosa |
| limo | tufo cineritico | tufite limosa |
| sabbia | tufo a lapilli | tufite sabbiosa o arenacea |
| ciottoli e blocchi | agglomerato | tufite conglomeratica |
| Note: Tufo = deposito piroclastico primario Tufite = deposito piroclastico primario commisto a sedimenti non vulcanici Specificare il grado di saldatura o cementazione dei depositi, che può anche essere nullo. | | |



Strutture particolari

Andrà indicata la presenza e le caratteristiche di strutture particolari legati a processi di alterazione o trasporto, quali la presenza di clasti in matrice soffice o isole di materiale poco alterato in matrice profondamente alterata, e simili.

La documentazione, corredata di fotografia a colori rappresentativa, dovrà essere prodotta per ciascuna opera di fondazione. Sarà facoltà della D.L., in accordo con il Progettista, esimere l'Appaltatore dal produrre la documentazione richiesta nel caso in cui vi siano condizioni di chiara omogeneità tra piani d'imposta; quindi riconducendosi alla caratterizzazione geo-strutturale rappresentativa del caso (ad esempio nel caso di fondazioni contigue).

2.5.2.2 APPROFONDIMENTO DEL PIANO D'IMPOSTA

Qualora, a giudizio del Progettista e della D.L., si rilevino, al raggiungimento della quota d'imposta caratteristiche geolitologiche differenti (nei termini di classificazione dell'unità) da quanto atteso in sede progettuale, e non idonee allo scopo ancorché interessanti una porzione limitata dell'area d'imposta, si renderà necessario procedere alla rimozione dell'unità non idonea e alla sua successiva sostituzione secondo le modalità e i limiti di seguito descritti.

L'entità dell'approfondimento dovrà essere preliminarmente valutata, sia in senso verticale che orizzontale, mediante sondaggi a recupero o l'apertura di uno o più pozzetti esplorativi. Si valuterà in questo caso, l'eventuale interferenza con la soggiacenza freatica. Sarà cura dell'Appaltatore provvedere alla risagomatura delle scarpate in relazione al grado di stabilità da conferire allo scavo ai fini della sicurezza (vedi anche par, 2.4.2). La quota d'imposta di progetto sarà ripristinata mediante sostituzione con calcestruzzo di classe minima C12/15 (inclusi i fori di esplorazione), salvo diversa indicazione da parte del Progettista. Potranno essere inclusi, nel getto, eventuali elementi inerti di riempimento, litoidi ($UCS > 20\text{MPa}$) o di calcestruzzo strutturale ($R_{ck} \geq 25$) provenienti da demolizione (blocchi non polverulenti, di volume non inferiore a 0.25m^3). I blocchi saranno deposti in rapporto volumetrico cls/blocco non inferiore a 3, a completo annegamento del



blocco. Il riempimento sarà condotto sino al raggiungimento della quota di prevista per l'opera di fondazione.

E' buona norma prevedere che, in fase di stesa del calcestruzzo d'imposta, si conferisca un'opportuna scabrezza della superficie.

Qualora la sostituzione riguardi una porzione del piano d'imposta, si dovrà provvedere ad un'opportuna gradonatura dello scavo di sostituzione, finalizzata a conferire una graduale variazione dello spessore di cls.

L'entità dell'approfondimento, qualora differente dai limiti di tolleranza progettualmente ammessi, dovrà essere valutata caso per caso, tenendo conto dei seguenti aspetti:

- stabilità globale dell'insieme fondazione-sottofondazione,
- compatibilità dello scavo con i limiti di cantiere,
- ricorso a soluzioni alternative (fondazioni profonde, trattamento in posto del terreno).

2.5.3 Campo d'impiego del ripper trainato

L'impiego del ripper trainato dovrà essere commisurato alla quota di imposta della fondazione. Pertanto la profondità d'azione dei ripper non dovrà mai superare il piano finale di scavo. Qualora ciò avvenga, il materiale disgregato dovrà essere rimosso dal piano d'imposta e i solchi di rippaggio risarciti nell'ambito della formazione del magrone di imposta.

Le prestazioni richieste alla macchina operatrice potranno essere preliminarmente stimate secondo l'approccio di Figura 4 (Basarin & Karpuz, 2004), che propone una classificazione del grado di rippabilità configurata per un mezzo meccanico convenzionale, di medie dimensioni (peso operativo 200kN, potenza 200 kW). Per ciascuno dei parametri geomeccanici d'ingresso viene assegnato un coefficiente di apprezzamento parziale; la somma dei coefficienti (rating) consente di classificare l'attitudine al rippaggio.

| Parameter | Class | | | | |
|------------------------------------|-------|----------|-----------|-----------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Seismic P Wave Velocity, m/s | 0-800 | 800-1000 | 1000-2000 | 2000-2500 | >2500 |
| Grade | 0-5 | 5-15 | 15-20 | 20-30 | >30 |
| Point Load Index, MPa | <0.1 | 0.1-0.5 | 0.5-1 | 1-2 | >2 |
| Uniaxial Compressive Strength, Mpa | <5 | 5-15 | 15-25 | 25-35 | 35 |
| Grade | 0-5 | 5-18 | 15-25 | 25-35 | 35 |
| Average Discontinuity Spacing, m | <0.5 | 0.5-1 | 0-1.5 | 1.5-2.5 | >2.5 |
| Grade | 0-3 | 3-10 | 10-14 | 14-20 | 20 |
| Schmidt Hammer Hardness | <15 | 15-35 | 35-45 | 45-50 | >50 |
| Grade | 0-2 | 2-7 | 7-10 | 10-15 | 15 |

| Class | Description | Rating |
|-------|----------------|--------|
| 1 | Very easy | <20 |
| 2 | Easy | 20-55 |
| 3 | Moderate | 55-70 |
| 4 | Difficult | 70-85 |
| 5 | Very difficult | 85-95 |
| 6 | Blast | 95-100 |

Figura 4 – grado di rippabilità della roccia (Basarin & Karpuz, 2004)

2.5.3.1 MARTELLO DEMOLITORE ODEODINAMICO

In considerazione della finalità dell'attività di scavo, l'uso del martello demolitore oleodinamico (martellone) dovrà essere attentamente esaminato in relazione agli spessori di scavo, alle condizioni generali d'ammasso (fratturazione) ed alla trasmissione delle vibrazioni indotte. In presenza di rocce massive, poco o per nulla fratturate, può risultare preferibile la tecnica alternativa del brillamento con microcariche, sia in termini di rendimento che di impatto ambientale (la sua trattazione esula dal presente documento). Parimenti, l'inappropriato impiego dell'utensile in ammassi molto fratturati può arrecare un peggioramento della qualità dell'unità rocciosa sede dell'imposta della fondazione.

Tuttavia, qualora gli utensili alternativi (benna rovescia, ripper) si rilevino localmente inadatti (ad esempio per presenza di blocchi ciclopici), l'uso del martellone potrà essere concesso per il solo superamento dell'ostacolo, ricorrendo

all'impiego di un utensile commisurato alla classe di resistenza della roccia La Figura 5 illustra, in proposito, un abaco tecnico-orientativo sulla scelta dell'utensile più idoneo (peso/energia al colpo) a partire dal valore della resistenza a compressione uniassiale della roccia

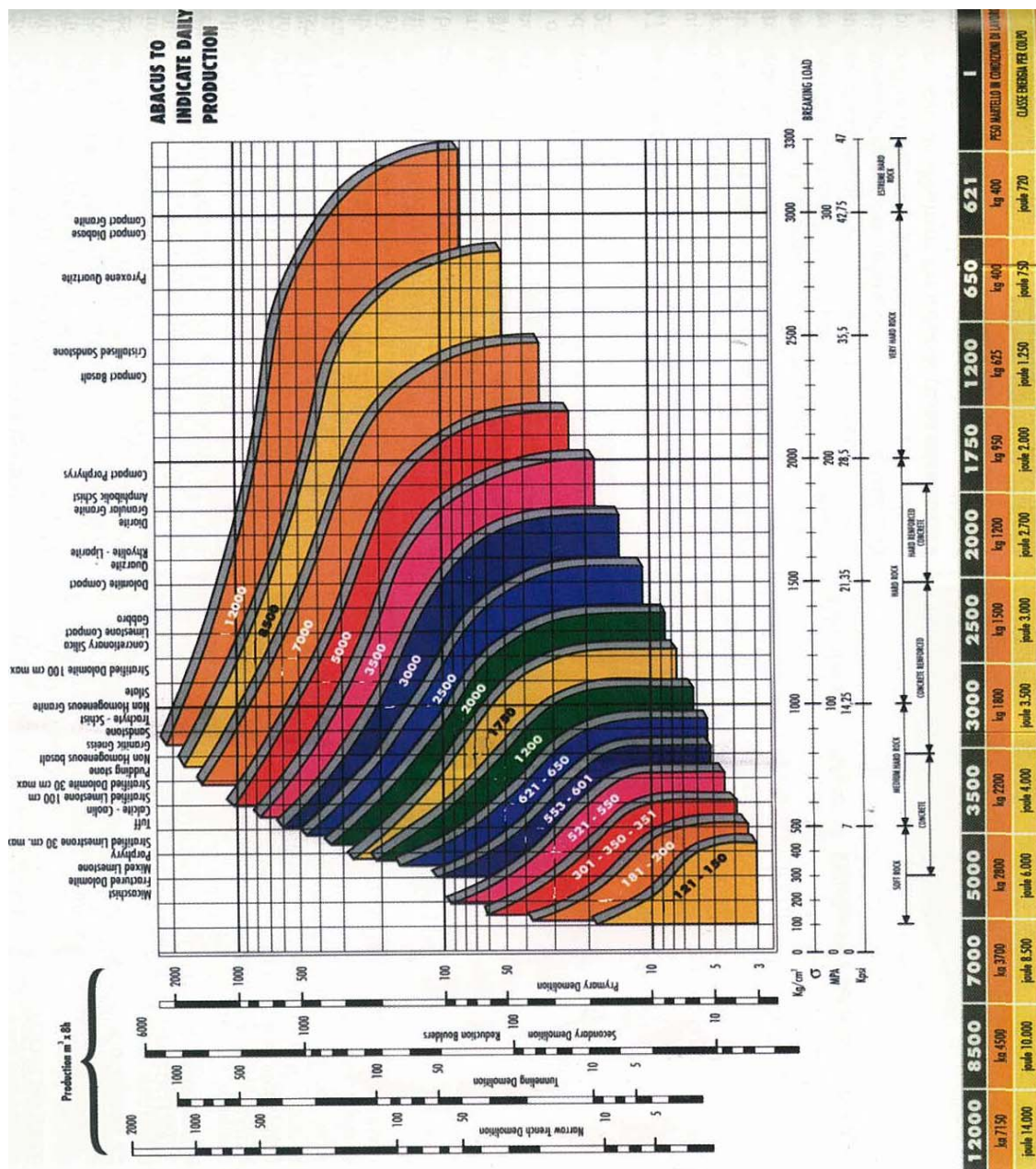


Figura 5 – Abaco di orientamento sulla scelta del martellone, funzione della resistenza della roccia (rif. Indeco)



2.6 SCAVO DI TRINCEA PER POSA SOTTOSERVIZI

2.6.1 Definizione

Per **scavi di trincea** si intendono scavi a **sezione obbligata e a sezione ristretta**, per la posa di cavidotti, tubazioni e sottoservizi in genere, che risultino al di sotto del piano di sbancamento o di quello della demolizione della sovrastruttura stradale, chiusi tra pareti verticali che riproducano il tracciato del sottoservizio e le cui dimensioni siano confrontabili con quelle degli usuali attrezzi di lavoro.

2.6.2 Modalità di esecuzione

L'Appaltatore è tenuto a realizzare gli scavi rispettando il tracciato, indicato nelle tavole grafiche, salvo eventuali cambiamenti che si rendessero necessari in corso d'opera: l'Appaltatore dovrà elaborarli in accordo con la DL e senza pretesa di indennizzo alcuno oltre quanto risulti dalle misurazioni dell'opera.

In particolare i lavori di scavo e ripristino dovranno essere contenuti in tratte lunghe al massimo 100 metri, salvo diversa indicazione da parte della Direzione Lavori, e saranno seguiti dalla posa dei vari impianti solo ad avvenuta completa apertura degli scavi di ciascuna tratta. Le operazioni di scavo, rinterro e ripristino completo dovranno svolgersi consecutivamente l'una all'altra senza soluzione di continuità, in modo che il completo ripristino del piano viabile avvenga nel più breve tempo possibile ed a perfetta regola d'arte.

Il fondo degli scavi dovrà risultare piano e libero da prominenze di qualsiasi specie.

I materiali di scavo verranno disposti in cumuli regolari in modo da lasciare sui due lati banchine adeguatamente libere da detriti.

La rimozione del manto bituminoso per la posa dei sottoservizi potrà avvenire mediante fresatura o mediante taglio e successivo asporto.



2.7 RINTERRI E/O BONIFICHE

2.7.1 Definizione

Per rinterri si intendono:

- la bonifica di zone di terreno non adeguato, al disotto del piano di posa di manufatti e rilevati, effettuata mediante sostituzione dei terreni esistenti con materiale idoneo;
- il riempimento di scavi relativi a fondazioni, trincee, cunicoli, pozzetti, etc. eseguito in presenza di manufatti;
- la sistemazione superficiale eseguita con o senza apporto di materiale.

2.7.2 Modalità di esecuzione

Il rinterro degli scavi relativi a fondazioni e manufatti in calcestruzzo dovrà essere effettuato con materiale idoneo, messo in opera a strati di spessore non superiore a 30 cm (materiale sciolto) e compattato fino a raggiungere il 95% della densità secca AASHTO T99.

Il modulo di deformazione dovrà risultare non inferiore a 20 N/mm^2 , nell'intervallo di carico compreso tra $0,05 \text{ N/mm}^2$ e $0,15 \text{ N/mm}^2$.

Se il terreno in sito risultasse altamente compressibile, non compattabile, dotato di scadenti caratteristiche meccaniche o contenente notevoli quantità di sostanze organiche, esso dovrà essere sostituito con materiale selezionato classificabile come ghiaia con sabbia, sabbia e ghiaia e sabbia limosa se proveniente da cave di prestito o da scavi (per le caratteristiche dei materiali vedasi capitolo 3.6.1).

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). In linea di massima i materiali da utilizzare in detti rinterri saranno specificati negli elaborati di progetto e dovranno essere di nuova fornitura. Nel caso in cui si rendano necessarie sbadacchiature e



puntellature speciali agli scavi (con l'adozione di cassoni autoaffondanti o palancole) sarà riconosciuto nel riempimento il volume occupato da tale attrezzatura. Il rinterro si effettuerà per strati di spessore non superiore ai cm 30, ben compattati con battitori meccanici dei quali l'Appaltatore deve essere fornito, ed adeguatamente irrorati d'acqua. Sopra il primo strato di 30 cm sarà steso un nastro continuo in polietilene del colore indicato dall'Ente gestore del sottoservizio di larghezza minima 100 mm, con impressa la scritta continua tipo: "CAVI DI PUBBLICA ILLUMINAZIONE" oppure "CAVI ENEL BT" oppure "ACQUEDOTTO" ecc..

In particolare per i cavidotti, a seconda dei vari tipi di strada, i rinterri dovranno essere realizzati come segue:

- **PER SCAVI ESEGUITI SU STRADA ASFALTATA:** Nella parte più profonda sarà steso un letto di sabbia dello spessore minimo di 30 cm che servirà per il sottofondo e il rinfiacimento dei cavidotti; sopra il letto di sabbia sarà eseguita la fondazione stradale e la pavimentazione con le modalità e gli spessori previsti nel progetto fatto salvo il tappeto d'usura la cui stesa può essere differita nel tempo se ordinato dalla DL. Il misto granulometrico stabilizzato (60 cm per la rete ENEL BT) conterrà il nastro avvisatore;
- **PER SCAVI SU BANCHINE IN TERRA:** Dopo il riempimento e costipamento dello scavo come descritto al punto precedente si completerà il riempimento tramite l'utilizzo di misto granulometrico stabilizzato meccanicamente.

La sistemazione delle aree superficiali dovrà essere effettuata con materiali selezionati appartenenti esclusivamente alle categorie di Ghiaia con Sabbia e Sabbia (vedasi 3.6.1), con spandimento a strati opportunamente compattato fino a raggiungere il 95% della massa volumica del secco massima ottenuta con energia AASHO modificata, procedendo alla regolarizzazione delle pendenze secondo le

indicazioni del progetto. Il materiale tipo Sabbia dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D60/D10) maggiore o uguale a 7.

Nel caso in cui la bonifica di zone di terreno 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 a ghiaie con sabbia e sabbia.

2.8 MONITORAGGI

Al fine di salvaguardare l'efficienza statica degli eventuali edifici e di infrastrutture in vicinanza delle opere in progetto l'Appaltatore dovrà predisporre un'adeguata campagna di monitoraggio delle deformazioni del piano campagna, delle eventuali paratie di sostegno e dei cedimenti delle fondazioni dei fabbricati e delle opere infrastrutturali.

Nella tabella che segue sono sintetizzati i “limiti di attenzione” (limiti a partire dai quali sarà necessario un'intensificazione delle misure dei monitoraggi) e “limiti di allarme” (limiti oltre i quali è necessario interrompere le attività di cantiere per eseguire interventi correttivi e/o integrativi alle opere) delle deformazioni per le opere di sostegno da tener presente in fase di esecuzione delle opere stesse.

| Controlli | Strumenti e misure | Criteri | |
|--|--|---------------------------------|---------------------------------|
| | | Attenzione | Allarme |
| Spostamenti (orizzontali) in testa delle paratie | Misure topografiche con mire ottiche a riflessione collocate sopra la trave di coronamento | $0.8 \times D_{\text{calcolo}}$ | $1.2 \times D_{\text{calcolo}}$ |

D = spostamento o cedimento da progetto

Dovendosi prevedibilmente misurare spostamenti dell'ordine di qualche millimetro, risulta senz'altro impiegabile una stazione totale (± 1 mm) che riferisca gli spostamenti di mire ottiche applicate alle strutture (scotch- light) in



elevazione rispetto a punti al di fuori dell'ambito di influenza dell'intervento (edifici ragionevolmente non influenzati dalle opere perché distanti).

Per gli edifici sarà opportuno stabilire anche un congruo numero di basi per l'esecuzione di una livellazione geometrica di alta precisione ($\pm 0,1$ mm) con riferimento a caposaldi in zona stabile, onde verificare con maggior precisione l'entità degli spostamenti verticali assoluti e relativi.

Qualora si verificassero spostamenti a “livello di attenzione” dovrà essere incrementata, durante la prosecuzione degli scavi, la frequenza del monitoraggio degli spostamenti dei fabbricati in vicinanza alla zona di scavo.

Nel caso che gli spostamenti raggiungano il “livello di allarme” dovranno essere interrotti gli aggottamenti e predisposto l'inserimento di ulteriori interventi provvisori con un monitoraggio protratto nel tempo dei cedimenti verificando l'avvenuto assestamento.

Prima della successiva ripresa dei lavori, oltre alla predisposizione di un idoneo piano di avanzamento, se necessario si effettueranno interventi di consolidamento delle fondazioni prospicienti valutando opportunamente le modalità esecutive (per esempio con iniezioni di resine poliuretaniche espansive o cementi micronizzati).



3 RILEVATI

3.1 DEFINIZIONI

Si definiscono con il termine di **rilevati** tutte quelle opere in terra destinate a formare il corpo stradale/ferroviario, le opere di presidio, i piazzali nonché il piano di imposta delle pavimentazioni.

3.2 MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEI RILEVATI IN TERRA NATURALE

3.2.1 *Provenienza dei materiali*

L'Appaltatore potrà aprire cave di prestito ovunque lo riterrà di sua convenienza, subordinatamente alle vigenti disposizioni di Legge, alla idoneità delle terre da utilizzare per la formazione dei rilevati, nonché alla osservanza di eventuali disposizioni della Direzione Lavori.

Prima di impiegare i materiali provenienti dagli scavi o dalle cave di prestito, l'Appaltatore dovrà espletare una campagna di indagini atta a fornire alla Direzione Lavori una esauriente documentazione in merito alle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali.

L'Appaltatore dovrà sottoporre il programma di coltivazione delle cave e delle eventuali fasi di lavorazione successive, quali vagliatura, frantumazione e miscelazione atte a conferire ai materiali le caratteristiche di idoneità previste dalle Norme Tecniche.

Prima di avviare la coltivazione delle cave di prestito o dell'impiego dei materiali da scavo, dovranno essere asportate le eventuali coltri vegetali, sostanze organiche, rifiuti e rimossi tutti quegli agenti che possono provocare la contaminazione del materiale durante la coltivazione.



Le cave di prestito, da aprirsi a totale cura e spese dell'Appaltatore, dovranno essere coltivate nel rispetto delle vigenti norme di Legge, secondo le previsioni di progetto ed in modo che, tanto durante la cavatura che a cavatura ultimata, non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Le stesse condizioni di sicurezza dovranno essere garantite per le eventuali aree di stoccaggio e/o di lavorazione di cui, a sua cura e spese, l'Appaltatore dovesse avvalersi.

3.2.2 Autorizzazioni

Prima di essere autorizzato ad iniziare la costruzione dei rilevati l'Appaltatore dovrà sottoporre alla Direzione Lavori la seguente documentazione:

- benessere degli Enti eventualmente competenti ad autorizzare la coltivazione della cava;
- una mappa dell'area di cava in scala 1:1000 ÷ 1:2000 individuante l'ubicazione dei saggi esplorativi;
- una relazione completa delle prove di laboratorio eseguite tanto per i materiali da cave che dagli scavi;
- il programma di coltivazione delle cave e delle eventuali fasi di lavorazione successive;
- i progetti di ripristino ambientale in accordo con le normative e Leggi vigenti.



3.3 FORMAZIONE DI RILEVATI CON MATERIALI TRATTATI A CALCE E/O CEMENTO

3.3.1 Definizione

La terra trattata con leganti chimici quali calce e/o cemento è una miscela composta da terra, calce viva o idrata e/o cemento ed acqua, in quantità tali da modificare le caratteristiche fisico-chimiche della terra, nel rispetto della regolamentazione in materia di gestione delle terre e rocce da scavo di cui al D.P.R. 13 giugno 2017, n°120 ed agli Indirizzi Orientativi emessi dalla Reg.Veneto prot. n°217758 dell'8 giugno 2018.

Finalità del trattamento con legante chimico è l'ottenimento di una miscela idonea per la formazione di strati che, dopo il costipamento, risultino di adeguata resistenza meccanica, con miglioramento delle caratteristiche di deformabilità, nonché stabilità all'azione dell'acqua e del gelo. L'apporto di calce conferisce, inoltre, una modifica del tenore di umidità e dell'indice di plasticità della terra (*IP*).

3.3.2 Caratteristiche dei materiali componenti la miscela

3.3.2.1 TERRE

Le caratteristiche granulometriche e i valori indice delle terre tal quale sono i fattori che definiscono la scelta del legante più opportuno da impiegare.

La stabilizzazione con apporto del solo legante cemento è adottata per terreni a bassa o nulla plasticità (misti granulari, sabbie monogranulari, sabbie limose, anche argillose, sabbie monogranulari, limi) al fine di conferire, in tempi ridotti, elevate doti di resistenza meccanica e spessori ridotti.

La necessità, sempre più sentita, del reimpiego di terre che, per natura costitutiva, presentano caratteristiche di inidoneità alla costipazione al fine del raggiungimento dei requisiti di portanza e deformabilità (terre da poco plastiche a plastiche) richiederebbe, a parità di prestazioni ottenibili con terre non plastiche,



percentuali di cemento sempre maggiori (>10% in peso), tali da risultare antieconomiche ed arrecare problemi di ritiro e fessurazione. Queste circostanze conducono, sovente, a riservare l'impiego del cemento per applicazioni di qualità (ad esempio per la formazione di misto cementato).

Il reimpiego di siffatte terre può essere reso possibile con l'impiego della calce. I principi che governano il processo di stabilizzazione di una terra con apporto di calce dipendono dalla percentuale di frazione argillosa disponibile alla reazione, dalla natura della stessa; possono essere in breve riassunti in:

- assorbimento dell'acqua (reazione esotermica calce viva),
- uno scambio ionico tra ioni calcio Ca^{++} e gli ioni dei minerali di terreno (Na^{++} , K^{+} , principalmente), tale da produrre una modifica delle caratteristiche strutturali fisiche dell'argilla contenuta nel terreno (struttura dispersa o flocculata – aumento porosità),
- l'aumento del pH, conseguente allo scambio ionico, rende maggiormente solubile la silice presente nei minerali argillosi, facilitandone la reazione con gli ioni calcio a formare legami silico-alluminati (processo di stabilizzazione della terra per reazione pozzolanica). Fattori determinanti per la formazione di tali legami sono la reattività dell'argilla, la quantità di calce impiegata ed il tempo di maturazione.

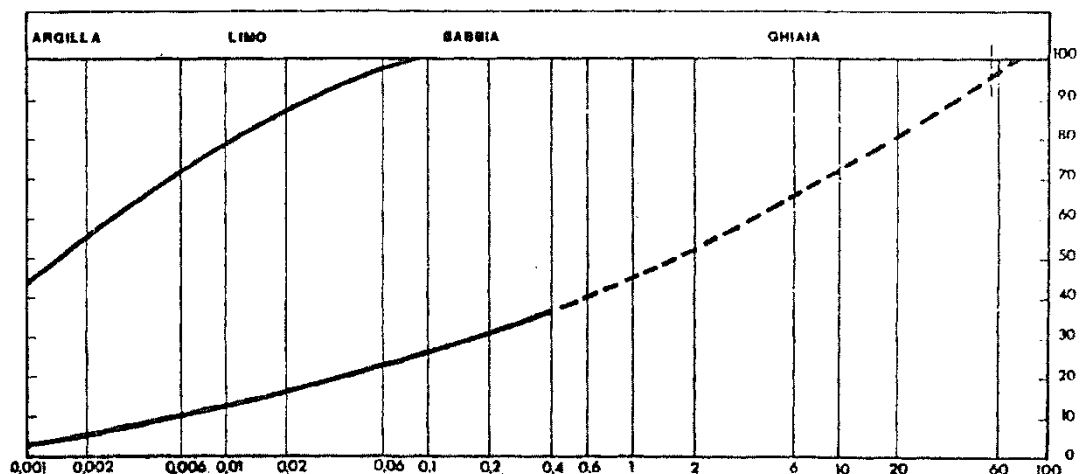
Ai fini della stabilizzazione con apporto del solo legante calce, una terra deve essere di tipo limo-argilloso ed avere indice di plasticità (*IP*) normalmente superiore a 10. Appartengono a questo tipo di terreno:

- le argille di limitata compressibilità e le argille limose contenenti sabbia e ghiaia, in quantità però minore del 65% (tipo A_6 e A_7 della norma UNI 11531-1:2014);
- le argille ad elevato limite liquido, e quindi fortemente compressibili, che rigonfiano a contatto con l'acqua. Possono contenere anche notevoli quantità di sabbia e ghiaia, anche se sempre inferiori del 65% (tipo A_6 della norma UNI 11531-1:2014).

Possono essere stabilizzate a calce anche terre ghiaio-argillose (tipo A₂₋₆ e A₂₋₇ della norma UNI 11531-1:2014) qualora presentino una frazione di passante al setaccio 0,4 UNI 2332 non inferiore al 35%.

In ogni caso non è accettabile, ai fini della stabilizzazione, un valore IP inferiore a 6. E' il caso, ad esempio, di terre appartenenti ai gruppi A4 e A5 (norma UNI 11531-1:2014) per il trattamento delle quali la calce (viva) può essere utilmente impiegata per ridurre l'umidità del terreno naturale a tenori compatibili con l'ottimo per esigenze di compattazione. In questa circostanza, l'impiego di calce (viva) assume valenza di "bonifica" della terra.

La curva granulometrica delle terre da destinare al trattamento a calce deve rientrare nel fuso riportato nella seguente figura:



Fuso granulometrico delle terre per la stabilizzazione con calce (tratto da norma CNR n.36/1973).

Saranno ammesse granulometrie diverse da quelle interamente comprese nel fuso e un valore minore della plasticità a condizione che si dimostri l'idoneità della terra ad essere trattata, attraverso lo studio delle miscele di laboratorio e un campo prova preventivamente approvato dalla Direzione Lavori.



La terra da stabilizzare dovrà essere libera di vegetazione e di qualsiasi altro materiale estraneo.

Ulteriori caratteristiche delle terre sono riportate nel seguito:

| | |
|------------------------------------|----------------------------|
| Sostanze organiche | < 2% |
| Solfati totali (solfati e solfuri) | <0.25% |
| Nitrati | <0.1% |
| Contenuto d'acqua | ≤ 1.3 Wopt (standard) |

3.3.2.2 CALCE

I tipi di calce da impiegare sono:

calce aerea idrata in polvere sfusa o in sacchi;

calce aerea viva macinata sfusa o in sacchi.

L'impiego della calce viva macinata, per il suo effetto essiccante, è preferibile nei casi nei quali i valori di umidità sono sensibilmente più elevati del valore ottimo per il costipamento.

La calce idrata e/o viva confezionata in sacchi verrà utilizzata solo eccezionalmente nei cantieri dove l'intervento complessivo del trattamento interessa una superficie inferiore a 2.000 m² o un volume di terra da trattare inferiore a 1000 m³.

Entrambi i tipi dovranno rispondere ai requisiti di accettazione indicati nel RI 2231 del 16 novembre 1939 ed inoltre dovranno avere le seguenti caratteristiche chimiche e granulometriche.

| REQUISITO | CALCE VIVA | CALCE IDRATA |
|---|--------------------|-----------------|
| CO ₂ | ≤ 5% | - |
| Titolo in ossidi liberi (CaO-fMgO) | ≥ 84% | - |
| Tenore in MgO | ≤ 10% | ≤ 8% |
| Titolo in idrati totali Ca(OH) ₂ | - | ≥ 84% |
| SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +SO ₃ | ≤ 5% | ≤ 5% |
| Umidità | - | ≤ 2% |
| Acqua legata chimicamente | ≤ 2% | - |
| Reattività all'acqua | > 60° entro 25' | - |
| Passante al setaccio 2 mm | 100% | 100% |
| Passante al setaccio 0.2 mm | ≥ 90% | - |
| Passante al setaccio 0.075 mm | ≥ 50% | ≥ 90% |

Nel caso si intendano conferire ulteriori proprietà di resistenza meccanica, si potrà procedere alla stabilizzazione con calce e, in seconda fase, con aggiunta di cemento. Possono impiegarsi cementi Portland o pozzolanici 32.5.



3.3.2.3 ACQUA

L'acqua utilizzata non dovrà contenere apprezzabili quantità di sostanze organiche e/o inorganiche che possano inibire le reazioni chimiche del trattamento (es. acque salmastre, con contenuto di oli, solfati, cloruri, etc).

3.3.3 Studio preliminare

Scopo dello studio, delle miscele è quello di raggiungere il miglioramento prefissato delle caratteristiche del terreno, con il minimo impiego di legante e tale da assicurare nel tempo i requisiti richiesti.

Per verificare la compatibilità del terreno al trattamento con leganti dovranno essere prelevati dei campioni da sottoporre a prove di laboratorio.

Sulla base dei risultati ottenuti su questi campioni dovranno essere definite delle fasce di terreno "omogeneo", inteso come terreno che dovrà essere trattato con il medesimo quantitativo di legante.

Nel caso di terreno sia trattato in situ dovranno essere prelevati n. 1 campione ogni volta che si riscontrino caratteristiche differenti e in ogni caso almeno 1 ogni 1000 m² secondo uno schema a maglie e comunque rappresentativo dell'area da trattare.

Qualora il terreno da trattare provenga da una cava di prestito, dovrà essere prelevato un campione per ogni quantitativo di terreno omogeneo e comunque almeno 1 ogni 2000 m³.

Il terreno da prelevare in cava dovrà essere identificato mediante scavi di pozzetti e/o sondaggi di profondità adeguata per individuare l del fronte di scavo.

Prima di dare inizio alle lavorazioni, si dovrà effettuare uno studio di laboratorio per definire la formulazione della miscela attraverso:

- l'identificazione del terreno;



- lo studio delle miscele sperimentali;
- la realizzazione del campo prova;
- la scelta della miscela da utilizzare.

3.3.3.1 IDENTIFICAZIONE DEL TERRENO

Si procederà alla classificazione geotecnica di laboratorio per la determinazione dei seguenti parametri:

- Composizione granulometrica mediante setacciatura e sedimentazione, con determinazione del diametro massimo, della percentuale del passante ai setacci di maglia 2 mm, 0.4 mm e 0.075 mm.
- Indice di plasticità (I_p).

Sulla base delle prove suddette dovranno essere individuate le superfici e/o i volumi omogenei e rappresentativi dei terreni oggetto dello studio.

Per ogni campione rappresentativo di ciascuna superficie e/o il volume omogeneo dovranno essere determinati:

- Curva granulometrica cumulativa.
- Indici di consistenza (I_c) e di plasticità (I_p).
- Contenuto naturale d'acqua (W_n)
- Analisi diffrattometrica.
- Contenuto in solfati e solfuri.
- Contenuto in sostanza organica.
- Contenuto in nitrati.
- Determinazione del valore di Blu di metilene (VB); ai fini della stabilizzazione dovrà risultare $VB > 200 \text{ cm}^3$, in conformità UNI 933-9:2000.



- Caratteristiche di costipamento mediante prova di costipamento AASHTO Mod. T/180-57, con determinazione del valore di umidità ottima (Wopt) per almeno cinque punti di interpolazione.
- Indice CBR immediato (IPI).
- Indice CBR con 4gg di imbibizione.
- Prova di Taglio Diretto.

3.3.3.2 STUDIO DELLE MISCELE SPERIMENTALI

Le prove di laboratorio su un terreno proposto per il trattamento hanno lo scopo di stabilire, con particolare riguardo all'utilizzo del legante calce:

- a) le regole che forniscono il dosaggio della calce di trattamento in funzione dell'IPI e del contenuto d'acqua previsto al momento della messa in opera.
- b) la compatibilità del trattamento in relazione ai requisiti dell'opera prescritti nel par.3.9.6.

Per quanto si riferisce al punto a), la procedura comprenderà la sperimentazione su più miscele.

Lo studio delle miscele dovrà essere così formulato. Si determinerà il consumo iniziale di calce (di seguito indicato con CIC) ovvero la quantità di calce necessaria per soddisfare le reazioni immediate terra-calce, in relazione alla capacità di scambio cationico dei materiali argillosi (ASTM C 977-10), con valore limite del pH della miscela variabile da 12.4 a 12.3, in funzione del comportamento del campione alle percentuali di calce impiegate.

A partire da una percentuale minima di calce pari al determinato valore del CIC, dovranno essere preparate diverse miscele terra-acqua-calce ed aumentando dello 0,5 % il contenuto di calce. In ogni caso la percentuale iniziale di calce utilizzata nello studio non dovrà essere < 2% (riferito al peso del secco del terreno). Il numero minimo di miscele da esaminare non dovrà essere inferiore a tre. L'eventuale apporto aggiuntivo di cemento, al fine di conferire in breve tempo



ulteriore incremento delle caratteristiche di resistenza è, di norma, contenuto entro un valore massimo pari al 6%. In questo caso il numero minimo di miscele da esaminare non dovrà essere inferiore a cinque.

Per le diverse miscele sperimentali dovranno essere effettuati:

- 1) Analisi granulometrica continua.
- 2) Indice di plasticità (I_p) e di consistenza (I_c) con contenuti d'acqua w_{opt} e $w_{opt} + 3\%$.
- 3) Prova di costipazione (AASHTO Mod).
- 4) Indice CBR imbibito (a 7 e 28 giorni)
- 5) Indice IPI. Si ricercherà la minima percentuale di calce che consenta di ottenere un $IPI > 10$.
- 6) Prova di rigonfiamento lineare e volumetrico R_v delle miscele con $IPI > 10$. Si dovrà verificare, per ciascun provino, un aumento di volume rispetto al provino appena compattato inferiore al 1%.
- 7) Prova di compressione semplice (a 24 ore, 7 e 28 giorni).
- 8) Prova di Taglio Diretto (TD) a 24 ore, 7 e 28 giorni.
- 9) Qualora i risultati delle prove TD lo richiedano, su richiesta del Progettista si procederà a verifiche condotte con prove triassiali TXCIU.

Le caratteristiche di idoneità sono diverse a seconda che si richieda al legante di modificare le proprietà della terra (azione a breve termine o bonifica) onde facilitarne la lavorazione, ovvero che si richieda anche di modificare sostanzialmente le proprietà meccaniche (azione a lungo termine, ottenuta con terre cosiddette “reattive”) onde costituire miglioramento del sottofondo o strati portanti di sovrastruttura. Per “reattive” si intendono quelle terre nelle quali la stabilizzazione a calce provoca, oltre alla variazione quasi immediata dei limiti di consistenza e dell'indice CBR, l'avvio di un processo di reazioni chimiche che



porta nel tempo ad un considerevole aumento della resistenza meccanica del materiale. Il controllo del valore di BLU definisce la reattività della frazione argillosa.

Nel caso in cui la terra trattata a calce sia destinata alla formazione di strati portanti di sovrastruttura ovvero a migliorare le qualità portanti del sottofondo (terre reattive), il valore minimo prescritto per l'indice CBR, a 7 giorni di stagionatura e dopo imbibizione di 4 giorni in acqua, deve essere rispettivamente non inferiore a 50 ed a 20, con un corrispondente rigonfiamento non maggiore dell'1% e del 2%. Quando invece si debba procedere alla bonifica della terra, l'indice CBR, dopo 2 ore di stagionatura e senza imbibizione deve risultare non inferiore a 10.

La resistenza a compressione viene richiesta quando la stabilizzazione viene eseguita su terre reattive. Essa viene determinata su provini confezionati con la miscela di progetto in stampi CBR seguendo la procedura indicata nella norma CNR 29/72 (Misti cementati). I provini, sformati a non meno di 48 ore dalla confezione e conservati successivamente in ambiente a temperatura di circa 20 °C, entro involucro a tenuta devono presentare dopo stagionatura di 7 e 28 giorni carichi di rottura non inferiori rispettivamente a: 0.5 e 1.0 MPa per le miscele destinate a strati di sovrastruttura; 0.3 e 0.6 MPa per le miscele destinate a migliorare le qualità portanti del sottofondo.

Nel caso in cui la terra stabilizzata debba essere impiegata in zone in cui l'azione del gelo non è occasionale, si debbono porre in atto ulteriori indagini e provvedimenti suggeriti dalle condizioni locali di impiego onde evitare l'ammaloramento del materiale in opera per effetto del gelo (un aumento del dosaggio di calce dell'ordine di 1% può risultare utile a questo scopo).

3.3.3.3 REALIZZAZIONE DEL CAMPO PROVA

Ultimato lo studio delle miscele sperimentali dovrà essere predisposto un campo prova per verificare su scala reale i dati ottenuti in laboratorio e per mettere a punto il metodo di compattazione da utilizzare. Il campo prova dovrà essere



previsto quando, entro un tratto di tracciato di 5 km, il trattamento delle terre con legante, previsto per il piano di posa dei rilevati e delle sedi di trincea, interesserà una superficie superiore a 1.000 m². Qualora il trattamento sia previsto per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati, il campo prova dovrà essere realizzato quando il trattamento a calce interesserà un volume di terre superiore a 30.000 m³.

Quando è previsto il trattamento delle terre del piano di posa dei rilevati e per le sedi in trincea, per ogni zona omogenea di terreno trattato, dovrà essere realizzato un campo prova di larghezza 4 m e di lunghezza utile 30 m. Quando previsto il trattamento delle terre da impiegare per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati, per ogni zona omogenea di terreno trattato, dovrà essere realizzato un campo prova di dimensioni utili in sommità 4 m x 50 m (escluse le rampe di accesso degli automezzi nel caso dei rilevati).

Dovranno essere messi in opera diversi schemi di rullatura, scelti in funzione del terreno da compattare, per verificare ed eventualmente ottimizzare le operazioni di compattazione.

Dovranno essere sperimentate almeno 2 miscele tra quelle ritenute idonee dallo studio di laboratorio e che soddisfino la stabilità globale dell'opera. Il terreno da utilizzare per il campo prova dovrà rispondere ai requisiti di cui al punto 3.3.3.1 e i risultati, opportunamente certificati, dovranno essere riportati in un'apposita relazione da consegnare alla Direzione Lavori.

Qualora le terre trattate dovessero essere utilizzate per la realizzazione del corpo dei rilevati, il campo prova dovrà essere costituito da almeno 3 strati di terreno trattato, aventi ciascuno uno spessore di 30 cm dopo la compattazione.

Inoltre per la realizzazione del campo prova, sia per il piano di posa sia per gli strati del corpo del rilevato dovranno essere effettuate le operazioni che seguono:

- Dovrà essere tarata la spanditrice di calce per il controllo del dosaggio.



- Prima della stesa della calce dovrà essere controllato il contenuto d'acqua e confrontato con quello utilizzato nello studio delle miscele.
- Dopo la miscelazione della calce col terreno dovrà essere di nuovo controllato il valore del contenuto d'acqua.
- Qualora si preveda l'aggiunta successiva del legante cemento, dovrà essere tarata la spanditrice per il controllo del suo dosaggio.
- La miscela dovrà essere poi compattata nei tempi richiesti dal processo di idratazione del legante (entro 2-3 ore nel caso di impiego del legante cemento), secondo schemi di rullatura prefissati.
- Il prodotto finale dovrà essere controllato mediante la determinazione del modulo di deformazione, con piastra da 30 cm ed il suo andamento nel tempo. Le misure dovranno essere effettuate per ogni strato almeno al tempo 0 (cioè subito dopo la compattazione), a 24h, a 3gg, a 7gg su almeno 5 punti appartenenti ad una porzione di rilevato omogenea sia per la miscela che per le modalità di compattazione. Solo sull'ultimo strato verranno effettuate le misure anche a 30 gg dalla compattazione.
- Dovranno inoltre essere misurati i valori del CBR in situ, delle densità in situ e del contenuto d'acqua nelle porzioni di terreno in vicinanza dei punti di misura del modulo su piastra.
- Dovrà essere controllato lo spessore dello strato finito.

Il progetto del campo prova, definito nel dettaglio, dovrà essere presentato dall'Appaltatore ed approvato dalla Direzione Lavori.

I risultati ottenuti dovranno confermare quelli dello studio. Qualora i requisiti minimi, previsti al par.3.9.6 , non venissero raggiunti, dovranno essere modificati i metodi di compattazione e/o le miscele terra/legante fino ad ottenere i requisiti minimi richiesti; in caso contrario si dovrà scartare il prodotto sperimentato.



3.3.3.4 SCELTA DELLA MISCELA DA UTILIZZARE

La miscela ottimale da utilizzare scaturirà dai risultati delle analisi effettuate in laboratorio e da quelli ottenuti nel campo prova e, in ogni caso, dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori.

3.3.4 Modalità di esecuzione e prescrizioni

La tecnica del trattamento a calce o calce/cemento delle terre, consiste nello spandimento dei leganti sulla superficie di terreno da miscelare mediante l'ausilio di mezzi meccanici, nella eventuale aggiunta di acqua fino al raggiungimento del valore ottimale, nella miscelazione, compattazione e finitura degli strati.

Il trattamento del terreno non dovrà essere effettuato in caso di pioggia, di temperature inferiori a 5°C, in presenza di vento forte, che asporti il legante dopo lo spandimento, e nel caso in cui ci sia presenza di acqua o venute di acqua sul piano dove viene steso il terreno da trattare. Nel caso il terreno sia saturo fino al piano di campagna, prima di procedere al trattamento con calce del piano di posa del rilevato, si dovrà obbligatoriamente provvedere ad abbassare il livello d'acqua e a mantenerlo tale per un tempo, approvato dalla Direzione Lavori, sufficiente a non inficiare l'esito del trattamento.

3.3.4.1 APPROVVIGIONAMENTO E STOCCAGGIO DELLA CALCE E CEMENTO

La calce ed il cemento dovranno essere consegnati con autobotti dotate di scarico pneumatico e stoccata in appositi sili dotati di filtro per la captazione della polvere all'atto del loro caricamento.

Per la calce sfusa lo stoccaggio dovrà avvenire almeno in 2 sili distinti, ciascuno di capacità corrispondente ad una giornata di lavoro. Il tempo di stoccaggio in cantiere non dovrà superare i 5 giorni.

La calce e il cemento in sacchi dovranno essere conservati al coperto, al riparo di umidità, pioggia e ristagni d'acqua, su idonee pedane che la separino dal terreno o su superfici asciutte (cls o asfalto).



3.3.4.2 FASI ESECUTIVE

Il trattamento del terreno prevede le seguenti fasi:

- 1) scotico;
- 2) preparazione del terreno da trattare;
- 3) spandimento del legante calce, polverizzazione e miscelazione;
- 4) spandimento dell'eventuale legante cemento (attese 24 ore dal termine della miscelazione della calce);
- 5) miscelazione
- 6) livellazione, compattazione e finitura degli strati.

Scotico del terreno

La realizzazione del piano di posa dovrà essere preceduta dall'esecuzione dello scavo, di larghezza pari all'ingombro del rilevato o della sede in trincea, per l'asportazione del primo strato di terreno vegetale e comunque per uno spessore non inferiore a 50cm.

Preparazione del terreno

a) terreno in situ

Consiste nella frantumazione e nello sminuzzamento delle zolle da utilizzare, fino alla riduzione di eventuali grumi di terreno limo-argillosi tali che il 100% passi attraverso un setaccio da 40 mm. Qualora il terreno da trattare sia troppo secco, dovrà essere umidificato aggiungendo un'opportuna quantità di acqua. La quantità d'acqua utilizzata dovrà essere controllata da opportuni dispositivi. Affinché l'umidificazione interessi in modo omogeneo tutto lo strato di terreno da trattare, tale operazione dovrà essere effettuata prima di ultimare la frantumazione del terreno.



Al termine di tale operazione dovrà essere misurato, in più siti e a diverse profondità, il contenuto d'acqua del terreno.

b) terreno in cava

Qualora la terra venisse miscelata in un sito diverso da quello di realizzazione dell'opera, si dovranno eseguire comunque tutte le operazioni previste nel precedente punto a). Le terre miscelate dovranno essere trasportate nel luogo dell'impiego immediatamente dopo la miscelazione, in contenitori coperti per evitare eccessivi essiccamenti o per essere protetti da eventuali piogge. La messa in opera del materiale miscelato dovrà avvenire immediatamente dopo la miscelazione e comunque non oltre i 30 minuti successivi. La quantità di terreno da trattare non dovrà essere superiore a quella che potrà essere impiegata nella giornata stessa.

Spandimento della calce/cemento

Il quantitativo di calce/cemento da utilizzare non dovrà essere inferiore a quello ottimale risultante dallo studio delle miscele sperimentali e dei risultati del campo prova, comunque dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

Spandimento di calce o cemento sfusi

La stesa del legante dovrà essere effettuato mediante uno spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento e dotato di un dispositivo ponderato che regoli il dosatore volumetrico con una certa rapidità e precisione. E' preferibile l'utilizzo di spanditori a dosaggio volumetrico che producano un diagramma dello spandimento.

Essi dovranno essere dotati di attrezzature che evitino la dispersione del legante. Pertanto tutti i mezzi utilizzati per la stesa dovranno essere dotati di gonne flessibili a bande.

Lo spandimento dovrà interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere utilizzata nella stessa giornata lavorativa.



L'Appaltatore dovrà eseguire, in caso di spandimento di calce o cemento sfusi, all'inizio della giornata lavorativa, la taratura delle macchine spanditrici; questa verrà effettuata facendo transitare la macchina sopra una superficie sulla quale sono posati teli (o contenitori) di dimensioni note e pesando la quantità di legante che viene raccolta da ciascun telo (o contenitore) al fine di tarare l'apertura dei dosatori e la velocità di avanzamento della macchina rispetto al dosaggio prescritto per uno spandimento omogeneo in senso longitudinale e trasversale.

Spandimento di calce o cemento in sacchi

La stesa dalla calce o cemento in polvere potrà essere effettuata approvvigionando il legante insaccato e distribuendo in modo idoneo i sacchi sulla superficie da trattare.

La dislocazione dei sacchi sulla superficie da trattare dovrà essere realizzata in modo tale da ottenere una distribuzione unitaria del legante pari a quella del progetto.

Successivamente alla loro distribuzione i sacchi saranno tagliati e svuotati formando sul posto tanti mucchi che dovranno essere immediatamente livellati mediante rastrelli a mano o con adatti sistemi meccanizzati che non sollevino polvere e che comunque garantiscano l'omogeneità dello spandimento.

Lo spandimento dovrà interessare la sola superficie lavorata nel giorno stesso.

Miscelazione del legante con il terreno

La miscelazione legante-terreno dovrà essere realizzata con una serie di passate del Pulvimixer, fino a quando tutte le zolle siano state ridotte a dimensioni tali per cui la componente limo-argillosa passi interamente al setaccio da 25 mm.

Il miscelatore utilizzato dovrà essere del tipo a rotore e potrà essere semovente o trainato e permettere di lavorare strati di profondità compresa tra 40 e 50cm.



Le modalità di miscelazione dovranno determinare il numero minimo di passaggi effettuati ad una determinata velocità di avanzamento che permetta di raggiungere una distribuzione uniforme del legante.

La qualità della miscelazione dovrà essere controllata oltre che visivamente, verificando l'omogeneità del colore della miscela e l'assenza di strisce di legante non amalgamate col terreno, anche mediante la misura dei diametri dei grumi di materiale fino. Si dovrà prevedere un controllo della omogeneità della miscelazione facendo ricorso ad opportuni indicatori (fenoftaleina all'1%) mediante l'apertura di un pozzetto di profondità pari allo spessore trattato, indicativamente ogni 300m³ e qualora si modifichino le caratteristiche esecutive di miscelazione.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm; inoltre nella stessa giornata lavorativa devono essere completati tratti di tracciato per tutta la loro larghezza prevista dal progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata va ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di legante, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguate e/o disomogenei.

Le riprese dovranno essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare la possibilità che si manifestino successive fessurazioni.

Nel caso di trattamento su più strati i giunti longitudinali e trasversali dovranno essere opportunamente sfalsati - ed inoltre è necessario che lo strato superiore venga miscelato con uno spessore tale da garantire un ammorsamento di qualche centimetro nello strato sottostante.

Compattazione e finitura



Le operazioni di compattazione potranno essere iniziate solo quando il contenuto d'acqua della miscela sia compreso in un intervallo tra $W_{opt} \pm 2\%$.

Le caratteristiche geotecniche della miscela terra-legante orientano la scelta dei rulli e ne condizionano le modalità d'impiego. Gli schemi di rullatura utilizzati nella realizzazione dovranno essere quelli determinati sulla base dei risultati del campo prova.

La finitura superficiale degli strati dovrà avvenire con l'impiego di macchine livellatrici e non con l'apporto di nuovo materiale.

Lo strato di terreno, dopo la compattazione, non dovrà avere uno spessore superiore a 30 cm. Per spessori superiori a 30 cm il trattamento del terreno dovrà essere effettuato su più strati.

Una volta ultimate le operazioni di costipamento e finitura, qualora lo strato trattato non venga ricoperto con un ulteriore strato e la superficie, soprattutto nei periodi estivi, risulti esposta in maniera prolungata al sole, sarà opportuno stendere, a protezione dello strato appena ultimato un velo protettivo di emulsione bituminosa a lenta rottura di tipo EL55 con un dosaggio minimo di 1.5 kg/m^2 o in alternativa un velo di bitume liquido del tipo BL 350-700 in ragione di 1.0 kg/m^2 . Tale strato di protezione dovrà essere rimosso prima di realizzare lo strato successivo.

In ogni caso, a seguito di eventuali interruzioni delle lavorazioni, le modalità di ripresa (per es. determinazione dello spessore dello strato da rimuovere etc.) dovranno essere sempre autorizzate dalla Direzione Lavori.

3.4 MATERIALI PER LA FORMAZIONE DEI RILEVATI IN RICICLATO

3.4.1 Definizione

Si considerano materiali riciclati quelli realizzati utilizzando rifiuti post-consumo da costruzione e demolizione (rif. D.M. 8/05/2003 n°203), materiali riciclati alla



iscrizione nel Repertorio del riciclaggio, nel rispetto delle disposizioni regolamentate dal D.P.R. 13 giugno 2017, n°120.

Sono ascrivibili, a titolo di esempio e in maniera non esaustiva, nel Repertorio del riciclaggio:

A. aggregato riciclato risultante dal trattamento di rifiuti inorganici post-consumo derivanti dalla demolizione e dalla manutenzione, anche parziale, di opere edili e infrastrutturali;

B. conglomerato bituminoso riciclato confezionato con rifiuti post-consumo derivanti dalla scarifica della sovrastruttura stradale.

Limite in peso imposto dalla tecnologia.

La tecnologia impiegata per la produzione dell'aggregato riciclato non impone particolari limiti. Il limite massimo di rifiuti inerti è pertanto pari al 100%. Il limite minimo di rifiuti inerti negli aggregati riciclati è del 60%.

La tecnologia impiegata per la produzione del conglomerato bituminoso riciclato impone il limite minimo del 20% di rifiuto inerte da scarifica.

L'entità effettiva di rifiuti dovrà essere dichiarata nell'ambito della domanda compilata in base allo schema, allegato A (vedasi Circolare n. 5205 del 15/07/2005), per i conglomerati bituminosi e all'allegato B (vedasi Circolare n. 5205 del 15/07/2005) per gli aggregati riciclati, e della perizia giurata di cui all'articolo 6, comma 2, lettera b) del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203.

Eventuali ed ulteriori parametri, potranno essere aggiunti in funzione dell'evoluzione delle tecnologie e delle conoscenze di settore disponibili.

Aggregato riciclato e categorie di prodotti

Categorie di prodotti ammissibili alla iscrizione nel Repertorio del riciclaggio.



Sono indicati, a titolo di esempio e in maniera non esaustiva, i seguenti prodotti realizzati utilizzando rifiuti da costruzione e demolizione derivanti dal post-consumo, iscrivibili nel Repertorio del riciclaggio:

A.1 aggregato riciclato per la realizzazione del corpo dei rilevati di opere in terra dell'ingegneria civile, avente le caratteristiche riportate in allegato C1;

A.2 aggregato riciclato per la realizzazione di sottofondi stradali, ferroviari, aeroportuali e di piazzali civili e industriali, avente le caratteristiche riportate in allegato C2;

A.3 aggregato riciclato per la realizzazione di strati di fondazione delle infrastrutture di trasporto e di piazzali civili e industriali, avente le caratteristiche riportate in allegato C3;

A.4 aggregato riciclato per la realizzazione di recuperi ambientali, riempimenti e colmate, avente le caratteristiche riportate in allegato C4;

A.5 aggregato riciclato per la realizzazione di strati accessori (aventi funzione anticapillare, antigelo, drenante, etc.), avente le caratteristiche riportate in allegato C5;

A.6 aggregato riciclato conforme alla norma armonizzata UNI EN 12620:2008 per il confezionamento di calcestruzzi con classe di resistenza $R_{ck} \leq 15$ Mpa, secondo le indicazioni della norma UNI 8520-2:2016.

3.4.2 Norme

L'Appaltatore sarà tenuto all'osservanza di tutte le normative cogenti a livello nazionale in merito ai contenuti delle presenti prescrizioni; a queste si aggiungeranno tutte le norme e le istruzioni tecniche non cogenti che verranno richiamate nei successivi paragrafi.

In particolare dovranno essere rispettate le seguenti normative e prescrizioni, compresi gli eventuali aggiornamenti, modifiche ed integrazioni:



- [1] D.M. 8/5/2003, “Norme affinché gli uffici pubblici e le società a prevalente capitale pubblico coprano il fabbisogno annuale di manufatti e beni con una quota di prodotti ottenuti da materiale riciclato nella misura non inferiore al 30% del fabbisogno medesimo.”;
- [2] Circolare n. 5205 del 15/07/2005 Green Public Procurement - Indicazioni per l'operatività nel settore edile, stradale e ambientale, ai sensi del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n.203.

3.4.3 Qualificazione

L'intrinseca variabilità di provenienza dei componenti impone di caratterizzarli qualificandoli per lotti o partite omogenee, allo scopo di evitare disuniformità di comportamento.

I requisiti di accettazione degli inerti riciclati variano a seconda del campo di impiego distinguendosi (Circ.15/07/2005 n°5205):

- Corpo dei rilevati;
- Sottofondi stradali;
- Strati di fondazione;
- Recupero ambientali, riempimenti e colmate;
- Strati accessori aventi funzione antigelo, anticapillare, drenante, etc.



| PARAMETRO | MODALITÀ DI PROVA | LIMITE |
|---|---|---|
| Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242). | Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm (rif. UNI EN 13285:2004) | maggiore di 70% in massa |
| Vetro e scorie vetrose | Idem | minore/uguale a 15% in massa |
| Conglomerati bituminosi | Idem | minore/uguale a 25% in massa |
| Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente | Idem | minore/uguale a 15% in totale e minore/uguale a 5% per ciascuna tipologia |
| Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc. | Idem | minore/uguale a 0,1 % in massa |
| Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.) | Idem | minore/uguale a 0,6 % in massa |
| Passante al setaccio da 63 mm | UNI EN 933/1 (**) | 85 - 100% |
| Passante al setaccio da 4 mm | UNI EN 933/1 (**) | minore/uguale a 60% |
| Passante al setaccio da 0,063 mm | UNI EN 933/1 (**) | minore/uguale a 15% |
| Equivalente in Sabbia | UNI EN 933-8 | maggiore di 20 |
| Dimensione massima Dmax | UNI EN 933/1 | = 125 mm |
| Ecocompatibilità | Test di cessione di cui all'All. 3 DM 05/02/1998 | Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal DM 5 febbraio 1998 |
| <p>(*) Il gesso deve essere riconosciuto mediante l'osservazione del cromatismo, la valutazione della durezza, la presenza di effervescenza a contatto con gocce di soluzione costituita da una parte di HCl e due parti di H₂O.</p> <p>(**) La serie di setacci deve essere composta al minimo dai seguenti setacci delle serie ISO 3310-1, ISO 3310-2; aperture 63, 31, 5, 16, 8, 4, 2, 0,5, 0,063 mm.</p> <p>Nota 1: La preparazione del campione da sottoporre ad analisi granulometrica va eseguita, se necessario, in stufa ventilata a 50-60° (secondo UNI EN 1097/5).</p> <p>Nota 2: I costituenti della frazione trattenuta al setaccio da 63 mm devono essere compatti e privi di vuoti interni (blocchi di roccia, mattoni pieni, calcestruzzo scoglio di armatura sporgente): non possono essere accettati mattoni forati, blocchi forati e simili, se non frantumati fino a risultare passanti al setaccio da 63 mm.</p> <p>Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscele non legate e legale idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³.</p> <p>Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.</p> | | |

Tabella I - Corpo dei rilevati



| PARAMETRO | MODALITÀ DI PROVA | LIMITE |
|---|---|---|
| Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242). | Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm (rif. UNI EN 13285:2004) | maggiore di 80% in massa |
| Vetro e scorie vetrose | Idem | minore/uguale a 10% in massa |
| Conglomerati bituminosi | Idem | minore/uguale a 15% in massa |
| Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nei sottofondi stradali ai sensi della legislazione vigente | Idem | minore/uguale a 15% in totale e minore/uguale a 5% per ciascuna tipologia |
| Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc. | Idem | minore/uguale a 0,1% in massa |
| Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.) | Idem | minore/uguale a 0,4 % in massa |
| Equivalente in Sabbia | UNI EN 933-8 | maggiore di 30 |
| Perdita in peso per abrasione con apparecchio "Los Angeles" | (UNI EN 1097/2) | minore/uguale a 45 |
| Passante al setaccio da 63 mm | UNI EN 933/1 (**) | = 100% |
| Passante al setaccio da 4 mm | UNI EN 933/1 (**) | minore/uguale a 60% |
| Rapporto tra il Passante al setaccio da 0,5 mm ed il Passante al setaccio da 0,063 mm | UNI EN 933/1 (**) | maggiore di 3/2 |
| Passante al setaccio 0,063 mm | UNI EN 933/1 (**) | minore/uguale a 15% |
| Indice di forma (frazione maggiore di 4 mm) | (UNI EN 933/4) | minore/uguale a 40 |
| Indice di appiattimento (frazione maggiore di 4 mm) | (UNI EN 933/3) | minore/uguale a 35 |
| Ecocompatibilità | Test di cessione di cui all'Al. 3 DM 05/02/1998 | Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal DM 5 febbraio 1998 |

(*) Il gesso deve essere riconosciuto mediante l'osservazione del cromatismo, la valutazione della durezza di presenza di effervescenza a contatto con gocce di soluzione costituita da una parte di HCl e due parti di H₂O.

(**) La serie di setacci deve essere composta al minimo dai seguenti setacci delle serie ISO 3310-1, ISO 3310-2: aperture 63, 31, 5, 16, 8, 4, 2, 0,5, 0,063 mm. La preparazione del campione da sottoporre ad analisi granulometrica va eseguita, se necessario, in stufa ventilata a 50-60° (secondo UNI EN 1097/5).

Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscele non legate e legate idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.

Tabella II - Sottofondi stradali

| PARAMETRO | MODALITÀ DI PROVA | LIMITE |
|---|--|---|
| Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242). | Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm (rif. UNI EN 13285) | maggiore di 90% in massa |
| Vetro e scorie vetrose | Idem | minore/uguale di 5% in massa |
| Conglomerati bituminosi | Idem | minore/uguale di 5% in massa |
| Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero in sottofondi o fondazioni stradali ai sensi della legislazione vigente | Idem | minore/uguale di 5% per ciascuna tipologia |
| Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; | Idem | minore/uguale di 0,1% in massa |
| Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc. | | |
| Altri materiali (metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.) | Idem | minore/uguale di 0,4% in massa |
| Passante al setaccio da 40 mm | UNI EN 933/1 (*) | 100% |
| Passante al setaccio da 20 mm | UNI EN 933/1 (*) | maggiore di 61%; minore di 79% |
| Passante al setaccio da 10 mm | UNI EN 933/1 (*) | maggiore di 41%; minore di 64% |
| Passante al setaccio da 4 mm | UNI EN 933/1 (*) | maggiore di 31%; minore di 49% |
| Passante al setaccio da 2 mm | UNI EN 933/1 (*) | maggiore di 22%; minore di 36% |
| Passante al setaccio da 1 mm | UNI EN 933/1 (*) | maggiore di 13%; minore di 30% |
| Passante al setaccio da 0,5 mm | UNI EN 933/1 (*) | maggiore di 10%; minore di 20% |
| Passante allo staccio da 0,063 mm | UNI EN 933/1 (*) | minore/uguale di 10% |
| Rapporto tra il Passante al setaccio da 0,5 mm ed il Passante al setaccio da 0,063 mm | UNI EN 933/1 (*) | maggiore di 3/2 |
| Equivalente in Sabbia | UNI EN 933-8 | maggiore di 30 |
| Perdita in peso per abrasione con apparecchio "Los Angeles" | UNI EN 1097/2 | minore/uguale di 30 |
| Indice di forma (frazione maggiore di 4 mm) | UNI EN 933/4 | minore/uguale di 40 |
| Indice di appiattimento (frazione maggiore di 4 mm) | UNI EN 933/3 | minore/uguale di 35 |
| Ecocompatibilità | Test di cessione di cui all'Al. 3 DM 05/02/1998 | Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal DM 5 febbraio 1998 |
| (*) La preparazione del campione da sottoporre ad analisi granulometrica va eseguita, se necessario, in stufa ventilata a 50-60° (secondo UNI EN 1097/5). | | |
| Nota 1: L'indice portante CBR della miscela, determinato in laboratorio (secondo la CNR UNI 10009 (prEN 13286/47)) su campioni costipati al 94% della massa volumica max AASHTO Mod. con umidità compresa entro il +/- 2% del valore ottimo, dovrà avere, sia immediatamente dopo il costipamento, sia dopo 4 giorni di imbibizione in acqua, un valore non inferiore a 30. | | |
| Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscele non legate e legate idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m3. Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce. | | |

Tabella III - Strati di fondazione

| PARAMETRO | MODALITÀ DI PROVA | LIMITE |
|---|--|---|
| Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242). | Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm (rif. UNI EN 13285) | maggiore di 70% in massa |
| Vetro e scorie vetrose | Idem | minore/uguale di 15% in massa |
| Conglomerati bituminosi | Idem | minore/uguale di 25% in massa |
| Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel colpo stradale ai sensi della legislazione vigente | Idem | minore/uguale di 15% in totale e minore/uguale di 5% per ciascuna tipologia |
| Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc. | Idem | minore/uguale di 0,1% in massa |
| Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.) | Idem | minore/uguale di 0,6 % in massa |
| Passante al setaccio da 63 mm | UNI EN 933/1 (**) | 85-100% |
| Passante al setaccio da 0,063 mm | UNI EN 933/1 (**) | minore/uguale di 15% |
| Ecocompatibilità | Test di cessione di cui all'Al. 3 DM 05/02/1998 | Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal DM 5 febbraio 1998 |

(*) Il gesso deve essere riconosciuto mediante l'osservazione del cromatismo, la valutazione della durezza, la presenza di effervescenza a contatto con gocce di soluzione costituita da una parte di HCl e due parti di H₂O.

(**) La serie di setacci deve essere composta al minimo dai seguenti setacci delle serie ISO 3310-1, ISO 3310-2; aperture 63, 31, 5, 16, 8, 4, 2, 0,5, 0,063 mm.

Nota 1: La preparazione del campione da sottoporre ad analisi granulometrica va eseguita, se necessario, in stufa ventilata a 50-60° (secondo UNI EN 1097/5).

Nota 2: I costituenti della frazione trattenuta al setaccio da 63 mm devono essere compatti e privi di vuoti interni (blocchi di roccia, mattoni pieni, calcestruzzo sovrato di armatura sporgente): non possono essere accettati mattoni forati, blocchi forati e simili, se non frantumati fino a risultare passanti al setaccio da 63 mm.

Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscele non legate e legante idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³.

Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.

Tabella IV - Recupero ambientale, riempimenti e colmate

| PARAMETRO | MODALITÀ DI PROVA | LIMITE |
|---|--|---|
| Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, prodotti ceramici, malte idrauliche ed aeree, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo EN 13242). | Separazione visiva sul trattenuto al setaccio 8 mm | maggiore di 80% in massa |
| Vetro e scorie vetrose | Idem | minore/uguale di 10% in massa |
| Conglomerati bituminosi | Idem | minore/uguale di 15% in massa |
| Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nei sottofondi stradali ai sensi della legislazione vigente | Idem | minore/uguale di 15% in totale e minore/uguale di 5% per ciascuna tipologia |
| Materiali deperibili: carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari, sostanze organiche eccetto bitume; Materiali plastici cavi: corrugati, tubi o parti di bottiglie in plastica, etc. | Idem | minore/uguale di 0,1% in massa |
| Altri materiali (metalli, gesso*, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, etc.) | Idem | minore/uguale di 0,4% in massa |
| Ecocompatibilità | Test di cessione di cui all'All. 3 DM 05/02/1998 | Il materiale dovrà risultare conforme al test di cessione previsto dal DM 5 febbraio 1998 |
| <p>Nota 3 (Frequenza delle Prove): gli aggregati riciclati per miscele non legate e legante idraulicamente destinati a lavori stradali e altri lavori di ingegneria civile devono essere caratterizzati conformemente a quanto indicato nella Norma Armonizzata UNI EN 13242:2004. Al fine di prevenire disomogeneità dovute alla variabilità dei materiali costituenti il materiale va caratterizzato per lotti. Tali lotti possono rappresentare la produzione di un periodo di una settimana (frequenza minima allegato C UNI EN 13242:2004) e devono comunque avere dimensione massima pari a 3000 m³.</p> <p>Possono essere impiegati esclusivamente lotti precedentemente caratterizzati e tale caratterizzazione è da intendersi valida esclusivamente per il lotto cui si riferisce.</p> | | |

Tabella V - Strati accessori aventi funzione antigelo, anticapillare, drenante, etc.

Ai fini dell'impiego nel corpo stradale, l'Appaltatore è tenuto a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e presentarla alla Direzione Lavori prima della posa in opera.

3.4.4 Requisiti chimici

I materiali riciclati debbono appartenere prevalentemente alle tipologie 7.1., 7.2., 7.11 e 7.17 del D.M. 05/02/97, n.22. Non sono ammessi materiali contenenti amianto e/o sostanze pericolose e nocive o con significativi contenuti di gesso. Pertanto, tali materiali debbono essere sottoposti ai test di cessione sul rifiuto come riportato in Allegato 3 del citato D.M. del 05/02/97, o a test equivalente di riconosciuta valenza europea (UNI 10802:2013). Il contenuto totale di solfati e solfuri (norma EN 1744-1:2013) deve essere ≤ 1 per cento. Se il materiale viene



posto in opera a contatto con strutture in c.a., tale valore deve essere $\leq 0,5$ per cento.

3.4.5 Posa in opera

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore (in genere non superiori a 30 cm) e costipato mediante rullatura leggera. La superficie degli strati deve avere una pendenza trasversale pari a circa il 4% e, comunque, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche; deve essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi.

Detta pendenza deve essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo livellatrici o macchine equivalenti.

Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

L'utilizzo di materiali da riciclo per la realizzazione del corpo dei rilevati è consentito purché interessi tutta l'impronta del rilevato stesso. Non sono ammesse alternanze di strati di materiali da riciclo e di terre.

Il rilevato, quindi, deve essere costituito al massimo da due fasce di materiale differenti (riciclato e non) in senso verticale; in senso orizzontale, invece, deve essere comunque garantita l'omogeneità dei materiali utilizzati.

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



3.5 PREPARAZIONE DEL PIANO DI POSA DEI RILEVATI

3.5.1 *Modalità di esecuzione*

Per la preparazione del piano di posa dei rilevati, l'Appaltatore dovrà provvedere innanzitutto al taglio delle piante ed all'estirpazione delle ceppaie, radici, arbusti, ecc. ed al loro sistematico ed immediato allontanamento e trasporto a discarica.

Sarà di seguito eseguito uno scavo di sbancamento di 20 cm con la totale asportazione del terreno vegetale sottostante l'impronta del rilevato e successivamente si procederà alla compattazione del fondo.

L'Appaltatore farà in modo che il piano di posa dei rilevati sia il più possibile regolare, privo di bruschi avvallamenti e tale da evitare il ristagno di acque piovane.

Il piano di posa dei rilevati così ottenuto sarà approvato dalla Direzione Lavori solo a seguito di prove di portanza con esito positivo. Quando non siano state raggiunte le caratteristiche meccaniche richieste per il piano di posa dei rilevati, la Direzione Lavori potrà richiedere ulteriori scavi di sbancamento per bonifica per rimuovere eventuali strati di materiali coesivi, teneri o torbosi e per l'asportazione dei materiali rimaneggiati o rammolliti per negligenza.

Quando sia progettualmente previsto che la natura e lo stato dei terreni di impianto dei rilevati non consentono di raggiungere con il solo costipamento i valori di portanza richiesti, si procederà all'approfondimento degli scavi per la sostituzione di un opportuno spessore del materiale esistente con idonei materiali di apporto. In alternativa può essere adottato un adeguato trattamento di stabilizzazione.

Il materiale proveniente dallo scavo di preparazione del piano di posa dei rilevati e dallo scavo di sbancamento per bonifica potrà essere reimpiegato, se ritenuto idoneo, nella sistemazione a verde delle scarpate; quello in eccesso dovrà essere immediatamente rimosso e portato nelle zone di discarica autorizzate.



Il quantitativo da reimpiegarsi nella sistemazione a verde delle scarpate sarà accantonato in località e con modalità precedentemente autorizzate dalla Direzione Lavori; l'accumulo di detti materiali dovrà risultare tale che non si abbiano a verificare condizioni pregiudizievoli per la salute e l'incolumità pubblica.

Nel caso di ammorsamento di nuovi rilevati a quelli esistenti, l'appoggio di nuovo rilevato strutturale al vecchio rilevato stradale per l'ampliamento dello stesso, contempla inoltre la preparazione del piano di posa in corrispondenza delle scarpate esistenti, che sarà fatta procedendo alla gradonatura di esse mediante la formazione di gradoni di altezza media di 0.80 m, i gradoni avranno una profondità massima inferiore a 1.30 m e minima non inferiore a 0.30 m, previa rimozione della cotica erbosa che potrà essere utilizzata per il rivestimento delle scarpate in quanto ordinato dalla Direzione dei Lavori con ordine di servizio, portando il sovrappiù a discarica a cura e spese dell'Appaltatore.

Anche il materiale di risulta proveniente dallo scavo dei gradoni al di sotto della cotica sarà accantonato, se idoneo, o portato a rifiuto, se inutilizzabile.

Si procederà quindi al riempimento dei gradoni con il predetto materiale scavato ed accantonato, se idoneo, o con altro idoneo delle stesse caratteristiche richieste per i materiali dei rilevati e con le stesse modalità per la posa in opera, compresa la compattazione.

3.5.2 Caratteristiche del piano di posa del rilevato e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo)

Le caratteristiche di compressibilità dovranno essere accertate in modo rigoroso e dovranno ritenersi rappresentative, anche a lungo termine, nelle condizioni climatiche ed idrogeologiche più sfavorevoli.

Il conseguimento del valore minimo del Modulo di deformazione sarà ottenuto compattando il fondo dello scavo mediante rullatura eseguita con mezzi adeguati



alla natura dei terreni in posto. Per i valori di riferimento dei moduli di deformazione e delle prove di densità in sito si veda il capitolo 3.9.4 .

Laddove le peculiari caratteristiche dei terreni in posto (materiali coesivi o semicoesivi, saturi o parzialmente saturi) rendessero inefficace la rullatura e non si pervenisse a valori del modulo di deformazione accettabili e compatibili con la funzionalità e la sicurezza del manufatto la Direzione Lavori, sentito il Progettista, potrà ordinare un intervento di bonifica di adeguato spessore, con l'impiego di materiali idonei adeguatamente miscelati e compattati.

3.5.3 Strati di transizione (Rilevato – Terreno)

In relazione alle locali caratteristiche idrogeologiche, alla natura dei materiali costituenti il rilevato e in generale, allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di imposta del rilevato, laddove non progettualmente previsto, la Direzione Lavori potrà richiedere:

- la stesa di uno strato granulare con funzione anticapillare;
- la stesa di uno strato di geotessile tessuto, anche con funzione anticontaminante.

3.5.3.1 STRATO GRANULARE ANTICAPILLARE

Lo strato dovrà avere uno spessore compreso tra m 0,3 e m 0,5 sarà composto da materiali aventi granulometria assortita da mm 2 a mm 20, con passante al setaccio da mm 2 non superiore al 5% in peso e passante al setaccio da mm 4 non superiore al 15% in peso e comunque con un passante al setaccio ISO565/R20 mm 0,063 non superiore al 3%.

Il materiale dovrà risultare del tutto esente da componenti instabili (gelivi, solubili, ecc.) e da resti vegetali; è ammesso l'impiego di materiali frantumati con diametro non superiore a 20 mm.

Dopo il costipamento mediante rullatura il modulo di deformazione dovrà essere maggiore o uguale a 200 daN/cm².



Lo strato anticapillare dovrà sempre essere posto in modo da risultare sempre al di sopra del livello di eventuali acque di ristagno, o in ogni caso essere posto in comunicazione con l'esterno e con la rete drenante del sistema da realizzare.

3.5.3.2 GEOTESSUTO

Quando previsto in progetto o prescritto dalla Direzione Lavori, sul piano di posa del rilevato dovrà essere steso uno strato di geotessile (sinonimo di geotessuto).

Come termine “geotessile”, qualora non diversamente specificato nei grafici di progetto, si dovrà intendere un tessuto di fibre di poliestere ad elevato modulo e basso creep nella direzione dell'ordito ed in poliammide, o altra fibra sintetica, in direzione della trama. Dovrà essere resistente ai raggi UV (perdita trascurabile della resistenza dopo un periodo di esposizione di 4 settimane), ai microrganismi ed alle sostanze chimiche normalmente presenti nei terreni.

Qualora non diversamente indicato nei grafici di progetto la resistenza a trazione a breve termine dovrà essere non inferiore a 150 kN/m nella direzione longitudinale e a 45 kN/m nella direzione trasversale, cui dovrà corrispondere un allungamento non superiore al 10% ed al 20% rispettivamente (norme EN ISO 10319).

Il geotessile dovrà sviluppare nel senso longitudinale una tensione di almeno 75 kN/m al 6% di allungamento (norma EN ISO 10319).

La deformazione per creep con il geotessile sottoposto ad un carico pari al 50% della resistenza a trazione a breve termine per un periodo di due anni, deve essere del 1%.

La permeabilità del materiale dovrà essere maggiore di $13 \cdot 10^{-3}$ m/s (EN ISO 11058).

Il geotessile dovrà essere fornito in rotoli di larghezza non inferiore a 5,00 m per limitare il numero di sovrapposizioni. Le giunzioni laterali potranno essere realizzate mediante sovrapposizione di almeno 30 cm o cuciture.



Non sono ammesse cuciture nella direzione del rinforzo. Nel caso di sovrapposizioni l'impresa dovrà dimostrare che i carichi di progetto verranno trasferiti attraverso la sovrapposizione senza causare ulteriori deformazioni alla struttura.

Il geotessile dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori e la posa dovrà essere realizzata seguendo le indicazioni progettuali e le procedure fornite dal produttore. Qualora non diversamente specificato nei grafici di progetto il geotessuto sarà posato trasversalmente all'asse del rilevato stradale/ferroviario.

Il produttore dovrà rilasciare una dichiarazione di conformità sul materiale fornito attestante le caratteristiche tecniche richieste con copia delle relative prove meccaniche effettuate su ogni lotto di produzione identificabile dall'etichetta posta sui singoli rotoli, il nome dell'impresa appaltante e l'indirizzo del cantiere.

Ogni rotolo dovrà almeno avere un'etichetta identificativa contenente il tipo di prodotto ed il codice di produzione secondo la norma DIN EN 30320.



Si riassumono nel seguito le caratteristiche richieste:

| CARATTERISTICHE TECNICHE | |
|---|----------------------|
| Materia prima | PET / PA |
| Peso unitario DIN EN 965 | 330 g/m ² |
| Resistenza ultima a rottura ISO 10.319 | |
| Longitudinale | ≥150 kN/m |
| Trasversale | ≥45 kN/m |
| Tensione sviluppata al 6% di allungamento ISO 10.319 | |
| Longitudinale | ≥75 kN/m |
| Allungamento alla tensione nominale ISO 10.319 | |
| Longitudinale | < 10% |
| Trasversale | < 20% |
| Creep dopo 2 anni al 50% del carico di rottura | 1% |
| Dimensioni del rotolo | |
| Larghezza | 5,00 m |
| Lunghezza | 300,00 m |

Sulle quantità predette risulta accettabile una variazione del $\pm 10\%$. I valori saranno in ogni caso verificati dalla Direzione Lavori sulla base della certificazione fornita dall'Appaltatore all'atto della fornitura e saranno discriminanti nell'accettazione della stessa; essi dovranno comunque essere garantiti dall'Appaltatore su tutta la fornitura mediante un piano di controllo qualità, a suo carico ed approvato dalla Direzione Lavori.

3.5.3.3 GEOTESSILE NON TESSUTO

Con il termine “geotessile non tessuto”, impiegato come strato di separazione, filtrazione e rinforzo dei terreni a diversa granulometria si dovrà intendere un geotessile non tessuto del tipo termosaldato, o agugliato, di preferenza in fibra a filo continuo di polipropilene, o polietilene, o poliestere, eventualmente anche prodotto da fiocco, purché in garanzia delle caratteristiche seguenti.

Il produttore dovrà essere dotato di sistema di qualità aziendale certificato, che dovrà risultare nella documentazione certificatoria che dovrà essere attergata alla fornitura.



Le proprietà fisico meccaniche salienti, qualora non diversamente indicato nei grafici di progetto, dovranno garantire almeno i seguenti valori.

Tipo pesante con funzione di separazione, filtrazione e rinforzo:

- la resistenza ultima a trazione, sia in direzione longitudinale (norma EN ISO 10319), che in direzione trasversale dovrà risultare non inferiore a 10 kN/m;
- un allungamento medio a rottura (norma EN ISO 10319) dovrà avere un valore medio tra le due direzioni compreso tra 40 e 75%, il prodotto non sarà idoneo se la media dei valori di una delle due direzioni risulterà inferiore al 30% o superiore all'85%;
- la resistenza a punzonamento statico CBR (norma EN ISO 12236) dovrà essere non inferiore a 2.1 kN;
- il diametro del foro con la prova di punzonamento dinamico (norma UNI EN 918), non dovrà essere superiore a 26 mm;
- la permeabilità verticale dovrà essere maggiore di 75 l/m²s (norma EN ISO 11058);
- il diametro di filtrazione -O₉₀- (norma EN ISO 12956) dovrà essere almeno di 110 micron;
- Il prodotto dovrà avere una previsione di durabilità di oltre 25 anni (norma UNI EN 13250).

Tipo leggero con funzione di separazione e rinforzo:

- la resistenza ultima a trazione, sia in direzione longitudinale (norma EN ISO 10319), che in direzione trasversale dovrà risultare non inferiore a 6 kN/m;
- un allungamento medio a rottura (norma EN ISO 10319) dovrà avere un valore medio tra le due direzioni compreso tra 45 e 75%, il prodotto non sarà

idoneo se la media dei valori di una delle due direzioni risulterà inferiore al 30% o superiore all'85%;

- la resistenza a punzonamento statico CBR (norma EN ISO 12236) dovrà essere non inferiore a 1.3 kN;
- il diametro del foro con la prova di punzonamento dinamico (norma UNI EN 918), non dovrà essere superiore a 33 mm;
- Il prodotto dovrà avere una previsione di durabilità di oltre 25 anni (norma UNI EN 13250).

Sulle quantità predette risulta accettabile una variazione del $\pm 10\%$. I valori saranno in ogni caso verificati dalla Direzione Lavori sulla base della certificazione fornita dall'Appaltatore all'atto della fornitura e saranno discriminanti nell'accettazione della stessa; essi dovranno comunque essere garantiti dall'Appaltatore su tutta la fornitura mediante un piano di controllo qualità, a suo carico ed approvato dalla Direzione Lavori.

Qualora non diversamente specificato nei grafici di progetto il geotessile non tessuto sarà posato trasversalmente all'asse del rilevato.

3.5.3.4 DRENAGGI VERTICALI

Caratteristiche dei nastri prefabbricati

Il drenaggio verticale avverrà mediante geocomposito drenante a nastro di larghezza posta intorno a 0.10 m. Il geocomposito sarà in genere impiegato per la consolidazione di terreni saturi a matrice fine, dovrà essere costituito da: una rete drenante tridimensionale in poliestere termoformata a zigzag racchiusa da un non-tessuto filtrante in poliestere, i due componenti dovranno essere saldati assieme.

Il geocomposito dovrà avere uno spessore nominale non inferiore a 5 mm, una resistenza a trazione (norma EN ISO 10319) sia in direzione longitudinale che trasversale non inferiore a 20,0 kN/m, con tolleranza $-2,0$ kN/m, una capacità drenante non inferiore a 0,85 l/s m, con tolleranza $-0,15$ l/s m, sotto una pressione



di 350 kPa applicata con due piastre flessibili per meglio simulare l'ambiente di posa del geocomposito (norma UNI EN ISO 12958 opzione F/F).

Il non-tessuto filtrante dovrà avere una resistenza a trazione, sia in direzione longitudinale che trasversale, non inferiore a 10 kN/m, con tolleranza di -1 kN/m (norma EN ISO 10319), un allungamento a rottura in direzione longitudinale non superiore al 37%, con tolleranza $+10\%$ (norma EN ISO 10319), un valore della resistenza al punzonamento statico non inferiore a 1,3 kN, con tolleranza $-0,2$ kN (norma EN ISO 12236), un valore alla perforazione dinamica non superiore a 30 mm, con tolleranza $+5$ mm (norma UNI EN 918), un valore della permeabilità all'acqua non inferiore a 70 mm/s, con tolleranza -10 mm/s (norma EN ISO 11058) ed un valore dell'apertura caratteristica non superiore a 72 μm , con tolleranza ± 7 μm (norma EN ISO 12956).

Attrezzatura di infissione

Si dovranno utilizzare attrezzature di infissione a pressione o vibrazione montate su torre con guide di scorrimento in grado di raggiungere, con il mandrino od i tubi di infissione, la profondità prescritta dal progetto nel contesto stratigrafico locale.

Le caratteristiche delle attrezzature di infissione dovranno essere comunicate alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori. Qualora motivato dalla necessità di superamento di strati o livelli di particolare resistenza si potrà ricorrere a preforni eseguiti con sonda a rotazione o rotopercolazione

Il mandrino o la tubazione di infissione dovrà avere sezione trasversale ridotta al minimo indispensabile per garantire la necessaria resistenza.

Il dreno dovrà essere connesso all'utensile di infissione con un elemento a perdere, in grado di garantire il sicuro vincolo del dreno all'utensile durante l'inserimento e l'ancoraggio del dreno al terreno all'atto del ritiro del mandrino o della tubazione a profondità di progetto raggiunta.



Lavori preparatori dell'infissione

Prima di procedere alla installazione dei dreni, l'Appaltatore dovrà provvedere alla completa asportazione del terreno vegetale dall'area di lavoro, regolarizzando la superficie e coprendola con uno strato di sabbia perfettamente pulita, dello spessore di 50÷80 cm, avente fuso granulometrico corrispondente a quello di una sabbia medio - grossa, con percentuale di passante al vaglio UNI da 0,075 mm non superiore al 2%.

I punti di infissione dei dreni dovranno essere materializzati sul terreno mediante picchetti o punti di riferimento riconoscibili.

Le attrezzature dovranno operare da un piano di lavoro adeguatamente stabile e tale da escludere variazioni di assetto delle stesse durante le operazioni di infissione.

Installazione

L'infissione dei dreni dovrà avvenire a pressione o mediante vibrazione con modalità tali, per quanto concerne la massima pressione e la velocità di penetrazione, da prevenire la rottura dei nastri prefabbricati o il mancato raggiungimento della profondità di progetto.

3.6 FORMAZIONE DEL RILEVATO

3.6.1 Generalità, caratteristiche e requisiti dei materiali

L'uso di materiali diversi da quelli indicati sarà consentito soltanto se espressamente previsti dal progetto.

La classificazione delle terre e la determinazione del loro gruppo di appartenenza sarà conforme alle normative:

UNI 11531-1:2014 (Costruzione e manutenzione delle opere civili delle infrastrutture - Criteri per l'impiego dei materiali - Parte 1: Terre e miscele di aggregati non legati)



UNI EN ISO 14688-1:2018. Indagini e prove geotecniche – Identificazione e classificazione dei terreni – Identificazione e descrizione

UNI EN 13285:2010. Miscele non legate - Specifiche

UNI EN 13242:2008. Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade

In particolare saranno considerati i seguenti tipi di materiali:

- 1- Ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane** con le seguenti granulometrie: percentuale passante al setaccio 2 ISO565/R20 minore o uguale al 50%; percentuale passante al setaccio 0,5 ISO565/R20 compresa tra il 30 ed il 50%; percentuale passante al setaccio 0,063 ISO565/R20 compresa tra il 15 ed il 25% e caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,5 ISO565/R20: indice di plasticità minore o uguale a 6.
- 2- Sabbia** con la seguente granulometria: percentuale passante al setaccio 0,5 ISO565/R20 minore o uguale al 51%; percentuale passante al setaccio 0,063 ISO565/R20 minore o uguale al 10%. Il coefficiente di uniformità (D60/D10) dovrà essere maggiore o uguale a 7.
- 3- Ghiaia e sabbia limosa** con le seguenti granulometrie: percentuale passante al setaccio 0,063 ISO565/R20 minore o uguale al 35% e caratteristiche della frazione passante al setaccio 0,5 ISO565/R20: indice di plasticità minore o uguale a 10 e limite di liquidità inferiore a 40.

Per parametri diversi dai sopra citati dovrà essere chiesta approvazione preventiva alla Direzione dei Lavori.

Non saranno ammesse rocce frantumate con pezzature grossolane.

Per l'ultimo strato di 30 cm non dovrà essere utilizzato il gruppo ghiaia e sabbia limosa.



L'impiego di rocce frantumate è ammesso nel restante rilevato, se di natura non geliva, se stabili con le variazioni del contenuto d'acqua e se tali da presentare pezzature massime non eccedenti i 20 cm e comunque non oltre la metà dello spessore dello strato da compattare.

Di norma la dimensione delle massime pezzature ammesse non dovrà superare i due terzi dello spessore dello strato compattato.

Il materiale a pezzatura grossa (compreso tra i 7,1 ed i 20 cm) deve essere di granulometria non uniforme e non deve costituire più del 30% del volume del rilevato; in particolare dovrà essere realizzato un accurato intasamento dei vuoti, in modo da ottenere, per ogni strato, una massa ben assestata e compattata.

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argillo-scistosa nonché alterabili o molto fragili.

Resta comunque inteso che questi materiali potranno essere utilizzati per la formazione di rilevati soltanto al di sotto di m 2,0 dal piano di posa della fondazione della pavimentazione stradale e dovranno essere sottoposti ad uno strato anticapillare di spessore non inferiore a 30 cm.

La Direzione Lavori potrà ordinare, se necessario, opere aggiuntive di salvaguardia.

Il grado di densità e la percentuale di umidità secondo cui costipare i rilevati formati con materiali dei gruppi in oggetto, dovranno essere preliminarmente determinati dall'Appaltatore e sottoposti preventivamente all'approvazione della Direzione Lavori.

Quanto sopra, allo scopo di contenere a limiti minimi i fenomeni di ritiro e di rigonfiamento dei materiali.

In ogni caso lo spessore degli strati sciolti non dovrà superare i 30 cm ed il materiale dovrà essere convenientemente disaggregato.



3.6.2 *Stesa dei materiali*

La stesa del materiale dovrà essere eseguita con sistematicità, per strati di spessore costante e con modalità ed attrezzature atte ad evitare segregazione, brusche variazioni granulometriche e del contenuto d'acqua.

Durante le fasi di lavorazione si dovrà garantire il rapido deflusso delle acque meteoriche conferendo sagomature aventi pendenza trasversale non inferiore al 4%. In presenza di parametri di rilevati in terra armata o di muri di sostegno in genere, la pendenza sarà contrapposta ai manufatti.

Ciascuno strato potrà essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo aver certificato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore dello strato sciolto di ogni singolo strato sarà stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle modalità di compattazione e della finalità del rilevato.

Comunque tale spessore non dovrà risultare superiore ai seguenti limiti:

- | | |
|-------|---|
| cm 50 | per rilevati formati con terre costituite da ghiaia o breccia, ghiaia o breccia sabbiosa, sabbia grossa, pomice, scorie vulcaniche, pozzolane, sabbia fine, ghiaia e sabbia limosa. |
| cm 30 | per rilevati eseguiti con terre appartenenti a tipologie diverse e previamente autorizzate dalla Direzione Lavori |

Durante l'esecuzione dei rilevati, qualora l'entità dei cedimenti previsti superasse i 10 cm a progetto o a discrezione della direzione lavori, potranno essere previsti piani di monitoraggio dell'andamento dei cedimenti. In tale eventualità l'Appaltatore dovrà fornire ogni assistenza necessaria per l'installazione dei dispositivi costituenti il sistema di monitoraggio e sottostare senza richiesta di maggiore onere ai condizionamenti fisici e temporali che l'utilizzo del citato sistema comporti.



3.6.3 **Compattazione**

La compattazione potrà aver luogo soltanto dopo aver accertato che il contenuto d'acqua delle terre sia prossimo ($\pm 1,5\%$ circa) a quello ottimale determinato mediante la prova AASHTO Mod.

Se tale contenuto dovesse risultare superiore, il materiale dovrà essere essiccato per aerazione; se inferiore, l'aumento sarà conseguito per umidificazione e con modalità tali da garantire una distribuzione uniforme entro l'intero spessore dello strato.

Il tipo, le caratteristiche ed il numero dei mezzi di compattazione, nonché le modalità esecutive di dettaglio (numero di passate, velocità operativa, frequenza, ecc.) dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori. Nelle fasi iniziali del lavoro, l'Appaltatore dovrà adeguare le proprie modalità esecutive, in funzione delle terre da impiegarsi e dei mezzi disponibili.

La compattazione dovrà essere condotta con metodologia atta ad ottenere un addensamento uniforme; a tale scopo i rulli dovranno operare con sistematicità lungo direzioni parallele, garantendo una sovrapposizione fra ciascuna passata e quella adiacente, pari almeno al 10% della larghezza del rullo.

Per garantire una compattazione uniforme lungo i bordi del rilevato, le scarpate dovranno essere riprofilate, una volta realizzata l'opera, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma.

In presenza di paramenti flessibili e di murature laterali, la compattazione a tergo delle opere dovrà essere tale da escludere una riduzione dell'addensamento e, nel contempo, il danneggiamento delle opere stesse. In particolare si dovrà evitare che i grossi rulli vibranti operino entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti flessibili in genere.

A tergo dei manufatti si useranno 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 spesso ridotto.



Nella formazione di tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si dovrà garantire la continuità con la parte realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici a quelli utilizzati per il resto del rilevato.

Durante la costruzione dei rilevati si dovrà 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 ed al gelo.

Si dovrà inoltre garantire la sistematica e tempestiva protezione delle scarpate mediante la stesura di uno strato di terreno vegetale tale da assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso.

Qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta, l'Appaltatore dovrà provvedere al restauro delle zone danneggiate a sua cura ed onere seguendo le disposizioni impartite di volta in volta dalla Direzione Lavori.

3.6.3.1 CONDIZIONI CLIMATICHE

La costruzione di rilevati in presenza di gelo o di pioggia persistenti non sarà consentita, in linea generale, fatto salvo particolari deroghe da parte della Direzione Lavori, limitatamente a quei materiali meno suscettibili all'azione del gelo e delle acque meteoriche (es. pietrame).

Nella esecuzione dei rilevati con terre ad elevato contenuto della frazione coesiva dovranno essere tenuti a disposizione dei carrelli pigiatori gommati che consentono di chiudere la superficie dello strato in lavorazione in caso di pioggia. Alla ripresa del lavoro la stessa superficie dovrà essere convenientemente erpicata provvedendo eventualmente a rimuovere lo strato superficiale rammollito.

3.6.4 Rilevati di prova

Quando prescritto dalla Direzione Lavori, l'Appaltatore procederà all'esecuzione dei rilevati di prova.



In particolare si potrà far ricorso ai rilevati di prova per verificare l' idoneità di materiali a pezzatura grossolana (pietrami), di materiali coesivi ed a comportamento instabile e di materiali diversi da quelli specificati nei precedenti capitoli.

Il rilevato di prova consentirà di individuare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali messi in opera, le caratteristiche dei mezzi di compattazione (tipo, peso, energie vibranti) e le modalità esecutive più idonee (numero di passate, velocità del rullo, spessore degli strati, ecc), le procedure di lavoro e di controllo cui attenersi nel corso della formazione dei rilevati.

L'ubicazione del campo prova, le modalità esecutive del rilevato di prova e delle relative prove di controllo saranno stabilite di volta in volta dalla Direzione Lavori; a titolo indicativo si adotteranno le seguenti prescrizioni:

- l'area prescelta per la prova dovrà essere perfettamente livellata, compattata e preferibilmente tale da presentare caratteristiche di deformabilità prossime a quelle dei materiali in esame;
- la larghezza del rilevato dovrà risultare almeno pari a tre volte la larghezza del rullo, i materiali saranno stesi in strati di spessore costante (o variabile, qualora si voglia individuare lo spessore ottimale) e si provvederà a compattarli con regolarità ed uniformità simulando durante tutte le fasi di lavoro quelle modalità esecutive che poi saranno osservate nel corso dei lavori.

In generale, per ciascun tipo di materiale e per ciascun tipo di modalità esecutiva, si provvederà a mettere in opera almeno 2 o 3 strati successivi; per ogni strato si provvederà ad eseguire le prove di controllo dopo successive passate (ad esempio 4,6,8 passate). Le prove di controllo da adottarsi saranno principalmente finalizzate ad individuare nel dettaglio le caratteristiche di densità, deformabilità ed i contenuti d'acqua delle terre.



In taluni casi si potrà ricorrere a prove speciali (ad esempio la prova di carico su piastra previa saturazione, prove dinamiche non distruttive, ecc.) ed al prelievo di campioni indisturbati da destinarsi alle prove di laboratorio, ponendo particolare attenzione a quei materiali considerati instabili o presunti tali, quali le rocce tenere.

Limitatamente ai materiali a granulometria grossolana, risultando le prove abituali non rappresentative, l'addensamento sarà controllato mediante successive livellazioni del piano di rullatura; la misura della densità in sito sarà fatta prelevando il materiale da un pozzetto che dovrà essere rivestito da apposito telo impermeabile e successivamente riempito d'acqua.

L'Appaltatore sarà tenuto a documentare in apposita relazione tutte le fasi di lavoro, i mezzi e le procedure impiegate, nonché gli esiti delle prove di controllo.

L'approvazione dei materiali, nonché delle modalità esecutive spetta esclusivamente alla Direzione Lavori.

3.7 DRENI A TERGO DEI MURI

3.7.1 Definizioni

A tergo dei muri di sostegno dovrà essere posizionato, per tutta la sua altezza, un geocomposito drenante avente funzione di drenaggio e filtrazione delle acque. Alla base del muro dovrà essere installato un tubo filtrante microfessurato avvolto dal geocomposito drenante avente funzione di raccolta delle acque. Il tubo dovrà posato essere rinfiancato con sabbia.

3.7.2 Caratteristiche del geocomposito drenante

Il geocomposito drenante sarà costituito, salvo quando diversamente indicato in progetto, da due filtri esterni in non tessuto termosaldato a filo continuo in polipropilene con interposta una struttura drenante tridimensionale ad elevato indice di vuoti realizzata in monofilamenti di polipropilene ad alta densità.



Il geocomposito dovrà avere un valore della trasmissività in verticale (gradiente idraulico $i = 1$) a 50 kPa non inferiore a 0,9 l/sm e a 100 kPa non inferiore a 0,8 l/sm con modalità di prova condotta in conformità della norma UNI EN ISO 12958 opzione R/F long term creep test.

I due non-tessuti filtranti dovranno avere una resistenza a trazione longitudinale e trasversale non inferiore a 7.3 ± 0.8 kN/m (norma EN ISO 10319), una resistenza al punzonamento statico non inferiore a $1,1 \pm 0.18$ kN (norma EN ISO 12236), un diametro di filtrazione O90 non superiore ai 140 ± 25 micron (norma EN ISO 12956).

3.7.3 Caratteristiche del tubo microfessurato

Il tubo filtrante avrà caratteristiche (diametro, lunghezza e apertura della fessurazione) conforme al progetto, in cloruro di polivinile. Il materiale costituente dovrà essere plastico non alterabile, con spessore e resistenza tale da garantire la corretta posa in opera nelle specifiche condizioni del sito e di ciascuna operazione.

Qualora non diversamente prescritto, lo spessore sarà di almeno 9 mm, l'apertura della finestratura di 1.2 mm, il diametro esterno del tubo di almeno 160 mm.

3.8 TERRENO DI COLTIVO

Le scarpate in rilevato od in scavo ed in genere tutte le aree destinate a verde, dovranno essere rivestite con manto vegetale appena ultimata la loro sistemazione superficiale.

Eventuali erosioni, solcature, buche od altre imperfezioni dovranno essere riprese con terreno agrario, riprofilando le superfici secondo le pendenze di progetto; dovrà essere curata in modo particolare la conservazione ed eventualmente la sistemazione delle banchine dei rilevati.



Tutte le superfici dovranno presentarsi perfettamente regolari, eliminando anche eventuali tracce di pedonamento.

Il terreno di coltivo dovrà essere steso con macchine operatrici e rifinito a mano , dovrà essere privo di pietre, tronchi, rami, radici e loro pareti e di materie che possono ostacolare le lavorazioni agronomiche.

Il terreno dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- scheletro: diametro maggiore di 2 mm e inferiore a 20 mm;
- scheletro non eccedente il 25% del volume: la parte fina dovrà essere costituita da limo e argilla in quantità non superiore al 50%.

3.9 RILEVATI STRADALI

3.9.1 *Prove di controllo sui materiali per la formazione dei rilevati in terra naturale*

Per ogni zona di provenienza l'Appaltatore dovrà eseguire un adeguato numero di sondaggi con un minimo di n.1 sondaggio/pozzetto o prelievo ogni 20.000 m³ di materiale reperito.

Le caratteristiche e l'idoneità dei materiali saranno accertate mediante le prove di laboratorio riportare nella seguente tabella.

| Prova | Frequenza |
|---|---|
| | Una prova ogni |
| analisi granulometrica | 2500 m ³ di materiale o 1 alla settimana |
| determinazione del contenuto naturale d'acqua | 2500 m ³ di materiale |
| determinazione del limite di liquidità e | una almeno ogni 2500 m ³ di |



Prova

Frequenza

Una prova ogni

dell'indice di plasticità sull'eventuale materiale
porzione di passante al setaccio 0,5
ISO565/R20

prova di costipazione AASHTO Mod. 2500 m³ di materiale
T/180-57

granulometrica sui materiali impiegati 2500 m³ di materiale o 1 alla
nella prova di costipazione, prima e settimana
dopo la prova stessa limitatamente a
quei materiali per i quali è sospetta la
presenza di componenti instabili

Il prelievo dei campioni sarà effettuato in contraddittorio con la Direzione Lavori
la quale provvederà ad indicare il nominativo del laboratorio (o dei laboratori)
presso il quale l'Appaltatore provvederà ad inviare i campioni.

3.9.2 Prove di controllo sui materiali per la formazione dei rilevati stabilizzati a calce

Calce

La calce/cemento dovrà provenire da fornitori qualificati ed approvati dalla
Direzione Lavori. Le caratteristiche della calce/cemento, riportate in precedenza,
dovranno essere certificate dal produttore ogni 1200 kg di prodotto consegnato.

Le verifiche granulometriche di reattività all'acqua, del contenuto d'acqua, del
contenuto in CO₂ combinata e del titolo in idrati totali per la calce idrata,
dovranno essere eseguite in cantiere con frequenza giornaliera.



Terre e miscele

Il terreno tal quale sarà sottoposto a controllo mediante prelievo di n.1 campione ogni 1.000 m³ e qualora cambi il sito di provenienza; per ciascun campione prelevato si dovrà verificare che i valori ottenuti siano congruenti con quelli dello studio e che rispettino i limiti di cui al punto 3.3.2.1.

Sulla miscela dovrà essere effettuata una prova CBR ogni 3000 m².

I risultati delle prove dovranno essere riportati in una relazione tecnica, che attesti l' idoneità del terreno al trattamento.

La relazione dovrà essere approvata dalla Direzione Lavori e farà parte del Dossier Qualità dell'opera.

Umidità del terreno

Per ogni giorno di lavorazione e per ogni tratto omogeneo di terreno da utilizzare l'Appaltatore è tenuto a rilevare, prima della miscelazione con la calce/cemento, il contenuto d'acqua del terreno da trattare al momento della posa e della compattazione, in entrambi i casi con una frequenza di 1 misura ogni 1.000 m² di terreno steso. L'Appaltatore è tenuto ad adottare gli eventuali accorgimenti affinché sia verificata la corrispondenza tra la miscela di progetto ed il contenuto d'acqua.

Fasi operative

Il controllo della taratura della spanditrice dovrà essere effettuato per ogni variazione di percentuale di calce o cemento da utilizzare e ad ogni inizio di lavorazione. Durante la lavorazione dovranno comunque essere effettuate le verifiche sulla qualità e omogeneità dello spandimento del legante almeno ogni 2000 m² di terreno trattato secondo le modalità indicate in precedenza (capitolo 3.3.4.2).



Nel caso di utilizzo di spanditrici che producano un diagramma dello spandimento, il controllo sarà effettuato solo durante la fase di taratura della macchina.

Dopo la fase di miscelazione (pulvimixer) dovrà essere verificato che la componente limo-argillosa passi interamente al setaccio da 25 mm. Il controllo dovrà essere effettuato con una frequenza di 1 ogni 2000 m².

3.9.3 Prove di controllo sui materiali per la formazione dei rilevati in riciclato

Ogni 1.000 m³ di materiale steso in opera, si deve verificare che le caratteristiche del prodotto fornito rispettino i requisiti di qualificazione fisico – meccanica riportati nelle tabelle precedenti (capitolo 3.4).

Un prova preliminare di sperimentazione in vera grandezza deve essere predisposta quando l'impiego dei materiali riciclati per la realizzazione degli strati del corpo dei rilevati supera complessivamente il volume di 10.000 m³. Per volumi inferiori di inerti da riciclo va anche predisposto il campo prova nel caso in cui i materiali disponibili presentino caratteristiche fisiche e comportamentali difforni dalle specifiche delle Tabelle precedenti (capitolo 3.4), o quando in progetto siano state indicate tipologie di inerti da riciclo differenti da quelle effettivamente reperite in zona.

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



3.9.4 Prove di controllo sul piano di posa dei rilevati e della sovrastruttura stradale in trincea o in rilevato (sottofondo)

Sul piano di posa del rilevato nonché nei tratti in trincea si dovrà procedere, prima dell'accettazione, al controllo delle caratteristiche di deformabilità, mediante prova di carico su piastra e dello stato di addensamento.

Il numero minimo di prove di controllo da eseguire sul piano di posa dei rilevati o della fondazione delle pavimentazioni è messo in relazione alla differenza di quota (S) tra i piani di posa del rilevato e della fondazione della pavimentazione.

Le prove andranno distribuite in modo tale da essere sicuramente rappresentative dei risultati conseguiti in sede di preparazione dei piani di posa, in relazione alle caratteristiche dei terreni attraversati.

La Direzione Lavori potrà richiedere, in presenza di terreni “instabili”, l'esecuzione di prove speciali (prove di carico previa saturazione, ecc.).

Prove da effettuarsi e limiti prestazionali:



| Tipologia di prova | Normativa di riferimento | Valore di ammissibilità | | |
|---------------------------|------------------------------|---|---|---|
| | | Sul piano di posa del rilevato posto a 2 m o più da quello della fondazione stradale | Sul piano di posa del rilevato posto a 1 m o più da quello della fondazione stradale | Sul piano di posa della fondazione stradale della pavimentazione stradale (sottofondo) sia in rilevato sia in trincea |
| Modulo di deformazione Md | C.N.R. - B.U. - A.XXVI-n.146 | >15 MPa: misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso fra 0.05 e 0.15 N/mm ² | >30 MPa: misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso fra 0.05 e 0.15 N/mm ² | >40 MPa: misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento al primo ciclo di scarico e nell'intervallo di carico compreso fra 0.05 e 0.15 N/mm ² |
| Prova di densità in sito | AASHTO mod. T/180-57 | >90% della densità massima (Proctor modificata) per il piano di posa dei rilevati; | | |
| | | >95% della densità massima (Proctor modificata) sul piano di posa della sovrastruttura stradale; | | |

Frequenza:

| Tipologia prova | Frequenza di prova | | |
|---------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | S= 0 ÷ 1 m | S= 1 ÷ 2 m | S> 2 m |
| prove di carico su piastra – una ogni | 1500 m ² | 2000 m ² | 3000 m ² |
| prove di densità in sito – una ogni | 1500 m ² | 2000 m ² | 3000 m ² |

Il controllo dello strato anticapillare sarà effettuato mediante analisi granulometriche da eseguirsi in ragione di almeno 10 ogni 1000 m³.

3.9.5 Prove di controllo in fase di realizzazione dei rilevati

Prima che venga messo in opera uno strato successivo, ogni strato di rilevato dovrà essere sottoposto alle prove di controllo e possedere i requisiti di costipamento richiesti.

La procedura delle prove di seguito specificata deve ritenersi come minima e dovrà essere infittita in ragione della discontinuità granulometrica dei materiali portati a rilevato e delle variabilità nelle procedure di compattazione.

L'Appaltatore dovrà eseguire le prove di controllo in contraddittorio con la Direzione Lavori. Durante i lavori, l'esito delle prove dovrà essere trascritto tempestivamente su appositi moduli.

La serie di prove prevista sui primi 5.000 m³ verrà effettuata una tantum, a condizione che i materiali mantengano caratteristiche omogenee e che siano costanti le modalità di compattazione.

In caso contrario la Direzione Lavori potrà prescrivere la ripartizione della serie.



Le prove successive sui primi 5000 m³ devono intendersi riferite a quantitativi appartenenti allo stesso strato di rilevato.

Frequenza delle prove (almeno 1 ogni quantitativo in m³ indicato)

| Rilevati stradali | | | | | Terre Rinforzate | | Rilevati di precarico – Riempimenti e banche | |
|--|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|
| | Corpo rilevato | | Ultimo strato (30 cm di spessore) | | | | | |
| Tipo prova | Primi m ³ 5.000 | Successivi m ³ | Primi m ³ 5.000 | Successivi m ³ | Primi m ³ 5.000 | Successivi m ³ | Primi m ³ 5.000 | Successivi m ³ |
| Classificazione | 500 | 10000 | 500 | 2500 | 500 | 5000 | 5000 | 20000 |
| Costip. AASHTO Mod. CNR | 500 | 10000 | 500 | 2500 | 500 | 5000 | 5000 | 20000 |
| Densità in sito CNR 22 | 250 | 5000 | 250 | 1000 | 250 | 1000 | 1000 | 1000 |
| Carico su piastra (C.N.R. – B.U. – A.XXVI – n. 146); | 500 | 5000 | 500 | 2000 | 1000 | 5000 | - | - |
| Controllo umidità | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| Resistività | * | * | * | * | 500 | 5000 | * | * |
| pH | * | * | * | * | 500 | 5000 | * | * |
| Solfati e Cloruri | * | * | * | * | 5000 | 5000 | * | * |

* Su prescrizione della Direzione Lavori.

** Frequenti e rapportate alle condizioni metereologiche locali ed alle caratteristiche di omogeneità dei materiali portati a rilevato.

In merito alle prove descritte, si richiedono i seguenti limiti prestazionali:

| Rilevati stradali | | | Terre rinforzate | |
|---|---|---|--|--|
| | Corpo rilevato | Ultimo strato (30 cm di spessore) | Corpo rilevato | Ultimo strato (30 cm di spessore) |
| Tipo prova | | | | |
| Costip. AASHTO Mod. CNR | >90 % della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO Mod | >95 % della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO Mod | >90 % della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO Mod | >95 % della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO Mod |
| Densità in sito CNR 22 | | | | |
| Carico su piastra (C.N.R. – B.U. – A.XXVI – n. 146) | superiore a 30 N/mm ² | superiore a 50 N/mm ² . | superiore a 40 N/mm ² . | superiore a 50 N/mm ² . |
| Controllo umidità | | | | |
| Resistività | | | >1000 ohm x cm (per opere all'asciutto) e >3000ohm x cm per opere immerse in acqua | >1000 ohm x cm (per opere all'asciutto) e >3000ohm x cm per opere immerse in acqua |
| pH | | | Compreso tra 5 e 10 | Compreso tra 5 e 10 |
| Solfuri | | | assenti | assenti |
| Solfati, solubili in acqua | | | <500mg/daN | <500mg/daN |
| Cloruri | | | <100mg/daN | <100mg/daN |

In particolare:

A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una densità pari o superiore al 90 % della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO Mod., salvo l'ultimo strato di 30 cm costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione che dovrà presentare una densità pari o superiore al 95 %.

La Direzione dei Lavori si riserverà di controllare il comportamento globale degli strati intermedi dei rilevati mediante la misurazione del modulo di deformazione Md determinato con piastra da 30 cm di diametro (C.N.R. – B.U. –A.XXVI – n. 146). Il valore di Md misurato in condizioni di umidità prossima a quella di



costipamento, al primo ciclo di carico, nell'intervallo di carico compreso fra 0,05 e 0,15 N/mm², non dovrà essere inferiore a 30 N/mm².

Inoltre per l'ultimo strato, che costituirà il piano di posa della fondazione stradale, dovrà ottenersi un modulo di deformazione Md (C.N.R. – B.U. –A.XXVI – n. 146), il cui valore, misurato in condizioni di umidità prossima a quella di costipamento, al primo ciclo di carico, nell'intervallo di carico compreso fra 0,15 e 0,25 N/mm², non dovrà essere inferiore a 50 N/mm².

3.9.6 Prove di controllo sui rilevati e sottofondi ottenuti mediante stabilizzazione a calce /cemento delle terre

L'Appaltatore dovrà predisporre, prima dell'inizio dei lavori un accurato programma temporale delle attività e il piano delle prove e delle verifiche da eseguire, sia in corso lavori, sia finali.

I controlli e le prove da effettuare in corso d'opera dovranno essere riportate in un apposito Piano di Controllo Qualità (PCQ), che dovrà essere preventivamente approvato dalla Direzione Lavori.

Il PCQ, corredato dalla documentazione relativa ai controlli e alle prove sotto elencati farà parte del Dossier Qualità dell'opera.

Ogni 2000 m² di terreno trattato e comunque per ogni tratto di miscela omogenea posata, dovranno essere eseguite i seguenti controlli:

- prova di carico su piastra a doppio ciclo con misura del modulo di deformazione che dovrà essere non inferiore a:



| | |
|--------|---|
| 20 MPa | nell'intervallo di carico 0,05 - 0,15 MPa per il piano di posa dei rilevati |
| 40 MPa | nell'intervallo 0,15 - 0,25 MPa per i rilevati ad eccezione della fascia di 60 cm dal bordo inferiore della pavimentazione |
| 80 MPa | nell'intervallo 0,15 - 0,25 MPa per i rilevati nella fascia di 60 cm dal bordo inferiore della pavimentazione nonché per i piani di posa in trincea |
| 15 MPa | nell'intervallo di carico 0,05 — 0,15 MPa per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc. |

- grado di costipamento (densità secca) ottenuto dovrà essere determinato secondo norma CNR – B.U. 69 dovrà risultare non inferiore a:

| | |
|-------------|---|
| 95% | per il piano di posa dei rilevati |
| 98% | per i rilevati e per i piani di posa in trincea. |
| 90% | per le dune, colline artificiali, ritombamenti, sistemazioni ambientali, etc. |
| Da definire | con l'Ente gestore per strade destinate a terzi. |

- spessore dello strato finito:

| | |
|------|--|
| 30cm | massimo spessore risultante dopo compattazione |
|------|--|

- densità relativa:

| | |
|------------------|--|
| densità relativa | A compattazione avvenuta i materiali dovranno presentare una densità pari o superiore al 90 % della densità massima individuata dalle prove di compattazione AASHTO Mod., salvo l'ultimo strato di 30 cm costituente il piano di posa della fondazione della pavimentazione che dovrà presentare una densità pari o superiore al 95 %. |
|------------------|--|

3.9.7 Prove di controllo sui rilevati ottenuti mediante riciclati

I controlli di compattazione, di portanza e di regolarità dei piani finiti, salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progettazione, sono conformi a quelli previsti per le terre naturali.



3.10 GEOTESSILI TESSUTI E NON TESSUTI

I geotessili tessuti e non tessuti devono rispettare quanto riportato rispettivamente dei capitoli 3.5.3.2 e 3.5.3.3 .

I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Appaltatore sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

I prelievi dei campioni saranno eseguiti a cura dell'Appaltatore sotto il controllo della Direzione Lavori; le prove dovranno essere effettuate presso Laboratori qualificati, preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere, prima del loro impiego; successivamente, su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

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

La Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà richiedere ulteriori prove preliminari o prelevare in corso d'opera campioni di materiali da sottoporre a prove presso Laboratori qualificati.

Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare. Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale.

I teli non dovranno 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.



3.11 SEZIONI IN TRINCEA

Il terreno in sito, nelle sezioni in trincea, potrà essere utilizzato come piano di posa del sub-ballast o della fondazione stradale se risulta appartenente alle tipologie di terreno seguenti:

- Ghiaia con sabbia;
- Sabbia;
- Ghiaia e sabbia limosa con limite liquido <40 indice di plasticità <10 e indice di gruppo 0.

Esso dovrà essere costipato in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 95% della densità AASHTO modificata e un modulo di deformazione non inferiore a 80 N/mm^2 .

Ognuna delle due prove sarà effettuata in ragione di una prova per ogni 1000 m^2 di piano di posa o con frequenza maggiore se diversamente indicato dalla Direzione Lavori, con un minimo di 1 prova per opera.

Tutte le prove saranno effettuate presso un laboratorio di cantiere qualificato dall'Appaltatore e approvato dalla Direzione Lavori.

Tutte le singole prove saranno trasmesse alla Direzione Lavori.

Le verifiche di compattazione potranno essere presenziate dalla Direzione Lavori, la quale potrà indicare i punti di campionamento.